Das Protoplasma der Erbse.

Zweite Abhandlung.

Von Prof. Dr. **Eduard Tangl.**

(Mit 4 Tafeln.)

Die Resorption des Protoplasmas der Reservestoffbehälter während der Keimung.

So lange das Körnerplasma der Reservestoffbehälter keimender Erbsen noch Aleuronkörner enthält, influiren auf dasselbe alle Eingriffe während der Anfertigung und Beschickung der Präparate in so hohem Grade, dass wir ohne die bereits angegebenen Untersuchungsmethoden auf einen Einblick in die Gestaltung des Körnerplasmas in den einzelnen Keimungsstadien verzichten müssten.

Diese Untersuchungen erfordern, wenn man durch Entwässerung zum Ziel gelangen will, eine noch sorgfältigere Vorbereitung des Materials als unmittelbar nach der Quellung, da ja im ersteren Falle noch viel bedeutendere Wassermengen aus dem Gewebe entfernt werden müssen. Ich erreichte dies vollständig durch Einlegen einzelner Cotyledonen in grosse Quantitäten absoluten Alkohols, welcher überdies noch in kurzen Zeiträumen erneuert wurde. Ein so entwässertes Material ist für die Untersuchung in Alkohol oder Glycerin ohne eine weitere Vorbereitung geeignet.

Will man jedoch das Körnerplasma, welches auch in sehr späten Keimungsstadien zum Theile auf eine, mit dem ruhenden Zustande übereinstimmende Weise differenzirt erscheint, bei dieser Behandlungsweise resistenter machen, so empfiehlt sich zu diesem Zwecke die schwache Ansäuerung des zur Härtung angewandten Alkohols mit Essigsäure.

Die auf den Gegenstand dieses Capitels Bezug habende Untersuchung ergab das Resultat, dass das Körnerplasma der Reservestoffbehälter, durch die aus ihrer Erschöpfung sich ergebenden Veränderungen nicht auf allen Punkten seiner Masse gleichzeitig ergriffen wird. Es schreitet nämlich die Resorption der Inhaltsstoffe, in einer jeden Parenchymzelle, in centrifugaler Richtung fort, indem die Aleuronkörner zunächst aus dem centralen Theile des Körnerplasmas verschwinden, wodurch in diesem die Bildung eines grösseren Saftraumes eingeleitet wird. Das Lumen der Zellen ist anfänglich zum grössten Theile mit noch unverändertem Körnerplasma erfüllt, welches, je nach dem Grade der bereits stattgehabten Resorption, als Wandbeleg von wechselnder Dicke erscheint, welcher gegen die Zellhaut während eines relativ langen Zeitraums durch die peripherische Hautschicht abgegrenzt ist. Gegen den Saftraum grenzt sich jedoch das differenzirte Körnerplasma durch eine schmale, feinkörnige Zone von der Beschaffenheit des Plamas vegetativer Zellen ab. — Diese feinkörnige Zone geht allmälig in die noch unveränderte, auf die deutlichste Weise in Lamellen und Aleuronkörner differenzirte peripherische Zone über. Die in die innere Begrenzungsschichte des differenzirten Wandbeleges hineinragenden Aleuronkörner, besitzen eine nahezu kugelige Gestalt. Dies ist die einzige Veränderung, die an ihnen wahrgenommen werden kann, denn ihre Masse ist ebenso homogen wie derjenigen, die sich in dem noch gar nicht veränderten Theile des Körnerplasmas befinden. In einem weit höheren Grade erscheinen die Lamellen verändert. In der die abgerundeten Aleuronkörnern enthaltenden Zone bestehen sie aus feinkörniger Substanz, welche Beschaffenheit sich in der Richtung gegen den unveränderten Theil des Körnerplasmas allmälig verliert. — Sind die aus der Resorption des Körnerplasmas sich ergebenden Veränderungen auf ein geringes Mass beschränkt, so besitzt der weitaus grössere Theil des Wandbeleges die Beschaffenheit des Körnerplasmas, die demselben nach vollendeter Quellung eigenthümlich ist und man erkennt an resistent gemachten oder fixirten Präparaten sofort, dass sich die Structur desselben, trotz der immerhin nicht unerheblichen Veränderungen im centralen Theile, bis in das kleinste Detail unverändert erhalten hat. In dem peripherischen, unveränderten Theile des

Körnerplasmas können auch an den Stärkekörnern keinerlei Veränderungen wahrgenommen werden, die etwa zum Schlusse leiten könnten, dass ihre Resorption beginne bevor die des Plasmas bis zu diesen Punkten vorgedrungen ist. Wäre dies der Fall, so hätte ich doch bei der Durchmusterung zahlreicher Zellen, gelegentlich auch Hautschichtsäcken begegnen müssen, die von dem in Auflösung begriffenen Stärkekorn nicht ganz ausgefüllt gewesen wären. Einen derartigen Befund hat die Untersuchung in keinem Falle ergeben. Dies ist wohl ein hinlänglicher Grund für meine Auffassung: dass die Auflösung der Aleuronkörner mit derjenigen der Stärkekörner gleichzeitig beginnt. Und dafür spricht auch die Thatsache, dass im centralen Saftraum um so zahlreichere Stärkekörner vorhanden sind, je grössere Dimensionen derselbe besitzt oder was dasselbe sagen will, je weiter die Auflösung des Plasmas vorgedrungen ist. Daraus ist ferner der weitere Schluss zu ziehen, dass die Stärkekörner aus ihrer Verbindung unter einander und mit dem noch differenzirten Körnerplasma, bei der in jeder Zelle streng centrifugal fortschreitenden Resorption desselben, allmälig gelöst werden.

Sofern das nach angegebener Weise vorbereitete Untersuchungsmaterial ein Urtheil über die Beschaffenheit der den centralen Saftraum erfüllenden Materie gestatten kann, scheint derselbe im ursprünglichen Zustande von einer Lösung erfüllt zu sein, welche ausser Stärkekörnern keinerlei geformte Gehaltskörper enthält und aus diesem Grunde, eine mit dem Zellsafte vegetativer Zellen übereinstimmende Beschaffenheit besitzen dürfte.

Der centrale Saftraum vergrössert sich nun in dem Masse, wie die Resorption des Körnerplasmas in centrifugaler Richtung um sich greift. Er erscheint schliesslich in solchen Zellen, die durch totale Erschöpfung ihrer Reservestoffe die typischen Eigenthümlichkeiten des Baues gewöhnlicher vegetativer Zellen erlangen, als ihr Zellsaft.

So lange die Erschöpfung der Reservestoffbehälter nicht den höchsten Grad erreicht hat, lässt das nicht resorbirte Körnerplasma eine eigenthümliche Vertheilung im Lumen der Zellen erkennen. Dies hängt genau mit dem Modus der Resorption

zusammen. Denken wir uns es wäre die innerste Partie des Körnerplasmas bereits resorbirt worden. In diesem Falle werden die weiter nach aussen liegenden Stärkekörner mit einem Theile ihrer Oberfläche in den Zellsaft hineinragen. Schreitet nun die Resorption des Körnerplasmas zwischen diesen, noch in ihren Alveolen festgehaltenen Stärkekörnern weiter fort, so müssten diese schliesslich in den von wässeriger Flüssigkeit erfüllten Innenraum der Zelle gerathen und die Innenlösung würde in die bisher durch die Stärkekörner erfüllten Räume eindringen. Wenn die Resorption des Körnerplasmas thatsächlich in der angegebenen Weise erfolgte, so müssten an der inneren Oberfläche des peripherischen Plasmas, durch verschiedenartig gestaltete, aus unverändertem Körnerplasma bestehende, leisten- oder kammförmige Hervorragungen getrennte Alveolen vorhanden sein. Es zeigt nun die Untersuchung der Reservestoffbehälter, dass die angegebenen Verhältnisse, bis zu einem gewissen Zeitpunkte in der That vorhanden sind. Dies ist daran zu erkennen, dass der innere Contour der noch unveränderten Plasmamasse nicht parallel mit dem äusseren verläuft, sondern sich stellenweise gegen den letzteren ausbiegt.

Vor ihrer gänzlichen Auflösung erfahren die Aleuronkörner Veränderungen, welche sowohl ihre Gestalt als auch ihre stoffliche Beschaffenheit betreffen. Ich erwähnte bereits, dass die Aleuronkörner der Grenzzone, die den noch unveränderten Plasmakörper gegen den inneren Saftraum abschliesst, eine kugelige Gestalt besitzen. Untersucht man diese Verhältnisse in weiteren Stadien der Erschöpfung, so findet man, dass die aus kugeligen Aleuronkörnern gebildete Schichte mehr und mehr der Volumvergrösserung des Zellsaftes entsprechend nach aussen rückt, so dass im Zeitpunkte in welchem die Zelle ihrer gänzlichen Erschöpfung entgegengeht kugelige Aleuronkörner, als die einzigen geformten Inhaltskörper im Wandplasma vorgefunden werden.

In Betreff der Volumverhältnisse differiren oft manche dieser kugeligen Aleuronkörner der sich erschöpfenden Zellen, in einem auffälligen Grade von den ursprünglichen polyedrischen. Diese bei einer grossen Anzahl solcher Aleuronkörner höchst auffällige Vergrösserung auf Rechnung einer stattgefundenen Quellung

zu setzen, schien mir unwahrscheinlich und zwar aus dem Grunde, weil die kugeligen Körper allem Anschein nach dasselbe Lichtbrechungsvermögen besitzen wie die polyedrischen, was doch nicht der Fall sein könnte, wenn die Vergrösserung des Volums, aus einer in späteren Keimungsstadien stattfindenden, erhöhten, die Organisation nicht alterirenden Wasseraufnahme resultiren würde. Meine Vermuthung, dass die bedeutende Vergrösserung des Volums mit Ursachen anderer Art in Zusammenhang gebracht werden müsse wurde zur Gewissheit, als ich zwischen den kugeligen Körpern solche von biscuitförmiger Gestalt auffand. Diese Vorkommnisse stellen ausser Zweifel, dass die Aleuronkörner der in Rede stehenden Zone, sich in einem breiartig erweichten Zustande befinden und mit einander confluiren. Ein anderer Grund gegen die Annahme, dass die grossen Einschlüsse als normale Gebilde anzusprechen wären, ist ihr relativ seltenes Vorkommen, so dass ich für das Erscheinen derselben äussere Umstände, wie Zerrungen die die Zelle beim Anfertigen des Präparates erleidet, ferner Verschiebungen, die das Auflegen des Deckglases und der Druck desselben zur Folge haben, wohl eher für massgebend erachten muss, als innere Gestaltungsvorgänge.

Für meine Auffassung, dass die Aleuronkörner in späteren Keimungsstadien in stofflicher Beziehung verändert werden ist das Verhalten derselben nach der Entwässerung durch Alkohol massgebend. Bringt man nämlich einen Schnitt aus den Cotyledonen in der Keimung weit vorgeschrittener Erbsen zum Zwecke der mikroskopischen Untersuchung direct in Wasser, so gewährt der durch diese Behandlungsweise vollständig desorganisirte Zellinhalt dasselbe Bild, wie das durch den Eingriff derselben Art desorganisirte Plasma des ruhenden Samens. Im ersteren Falle tritt das desorganisirte Plasma mit dem Zellsafte zu einer das Lumen der Zelle gleichmässig erfüllenden, die Stärkekörner einschliessenden Emulsion zusammen, so dass die in Folge der Keimung bereits veränderte räumliche Vertheilung des Plasmas nicht einmal vermuthet werden könnte, wenn wir auf Bilder dieser Art beschränkt blieben. So sind die Entwässerung und resp. die Fixirung die einzigen Mittel, durch deren Anwendung allein man zu richtigen Anschauungen über den jeweiligen Differenzirungszustand des Protoplasmas der Reservestoffbehälter in dem

ganzen Zeitraume, während dessen die Entleerung derselben stattfindet, gelangen kann.

Für die Fixirung des Plasmas in Erbsen, die in der Keimung bereits so weit vorgeschritten sind, dass im Wandbeleg nur eine einzige Schicht kugeliger Aleuronkörner vorhanden ist, genügt die Entwässerung allein, und diese kann mit Erfolg selbst in einem Alkohol von mittlerer Concentration vorgenommen werden. Es ist nun hierbei im hohen Grade auffallend, dass das Plasma durch diese Behandlung, gegen die Einwirkung des Wassers widerstandsfähiger wird, als in Erbsen, die sich erst im Quellungsstadium befanden, selbst nach Anwendung von absolutem Alkokol.

Die dem Materiale der letzteren Art entnommenen Schnitte bedürfen, wie ich bereits erwähnte, zur mikroskopischen Untersuchung dieselbe Behandlungsweise, wie die Schnitte aus ruhenden Samen. Das Letztere ist für Präparate, die mit verdünntem Alkohol behandelten Cotyledonen, deren Zellen nur die letzten Rudimente des ursprünglichen Protoplasmakörpers enthalten, entnommen wurden, ganz und gar nicht nothwendig. Für diese Inhaltskörper ist nach der vorbereitenden Behandlung, Wasser als Untersuchungsmedium vollkommen ausreichend; sie erhalten sich in diesem stundenlang unverändert. Ich habe ferner beobachtet, dass diese abgerundeten Aleuronkörner gegen Wassereinwirkung resistenter sind als die ursprünglichen; denn ich sah zuweilen in frischen Schnitten, die ich zum Zwecke der Untersuchung unmittelbar in Wasser legte die Desorganisation — Vacuolisiren, Hervorschnellen der Fäden und Spindeln — sich erst nach Beschickung des Präparates, während der Untersuchung vollziehen. Ich vermuthe, dass dies vielleicht mit dem Verlust an lösenden Vehikeln zusammenhängt, da doch im Verhalten dieser Objecte, und der mit verdünnter Schwefelsäure unter früher bereits angegebenen Umständen behandelten Aleuronkörner, wie sie nach der Quellung vorhanden sind, eine auffällige Analogie besteht. — Durch die Auflösung des Körnerplasmas, gerathen die Stärkekörner unter normalen Verhältnissen in immer grösser werdender Anzahl in den centralen Saftraum, wo ihre Resorption erfolgt. Hier erscheinen noch ihre Residuen längst nachdem das ursprüngliche Plasma mit seinen ursprünglichen, geformten Be-

standtheilen verschwunden ist, und gewissermassen durch ein neues ersetzt erscheint.

Die ersten Beobachtungen, die den Gegenstand der nachfolgenden Zeilen bilden, machte ich zufällig vor längerer Zeit, als ich bei Gelegenheit einer Demonstration der Veränderungen von Reservestoffbehältern der Samen durch den Keimungsprocess, kein anderes Material zur Hand hatte, als erschöpfte Cotyledonen einiger ausgekeimter Erbsen.

Bei der Wiederaufnahme der Untersuchungen über diesen Gegenstand, war die histologische Forschung um eine, auf der Härtung der Objecte in absolutem Alkohol beruhende Untersuchungsmethode reicher geworden, ein Verfahren, welches durchaus der vorbereitenden Behandlung entspricht, welcher der Zoolog die zu untersuchenden weicheren Gewebe des Thierkörpers unterwirft.

Diesem so einfachen und gewiss viel versprechenden Verfahren das Bürgerrecht unter den den pflanzenhistologischen Untersuchungsmethoden verschafft zu haben, ist bekanntlich Strasburger's Verdienst.

Als ich die Beschaffenheit des zu untersuchenden Gewebes kennen lernte, lag Nichts näher als der Gedanke die Härtung in absolutem Alkokol auch für meine Objecte in Anwendung zu bringen. Ich überzeugte mich schon nach den ersten Versuchen, dass durch die Einwirkung des Alkohols der Inhalt in einer Weise fixirt wird, die durchaus dem Zustande entspricht, in welchem sich der Inhalt nach der gewöhnlichen Methode behandelter Präparate aus frischem Material, durch kurze Zeit während der Beobachtung erhält. Selbstredend wurden zur Controle auch Präparate aus frischem Material herangezogen, was ich hier ein- für allemal bemerke.

Ich habe es für sehr zweckmässig befunden Cotyledonen vor dem Einlegen in Alkohol in kleinere Stücke zu zerschneiden, da derselbe in die einzelnen Zellen des Parenchyms sonst im Zustande sehr differenter Concentration eindringt und in den einen, den etwa vorhandenen plasmatischen Wandbeleg ohne Ablösung zum Erstarren bringt, in anderen hingegen, in Folge der Verdünnung

durch das im Gewebe enthaltene Wasser das Gegentheil bewirkt. Dadurch wird die Anordnung der geformten Inhaltskörper oft verändert, jedoch nie in so hohem Grade, dass der ursprüngliche Zustand bis zur Unkenntlichkeit verwischt würde; wenigstens gestatten Zellen der letzteren Kategorie immerhin einen viel genaueren Einblick in die Beschaffenheit des Inhaltes und die Anordnung seiner Theile, als die gelungensten Präparate aus frischem Material, die man nach der gewöhnlichen Methode anfertigt und untersucht.

Die dem gehärteten Materiale entnommenen Schnitte untersuchte ich oft ohne weitere Vorbereitung in Wasser oder verdünntem Glycerin. Im letzteren Medium habe ich auch zahlreiche, die Histologie erschöpfter Cotyledonen der Erbse betreffenden Präparate, deren fixirte Inhaltskörper darin gar keiner Veränderung unterliegen, mit sehr gutem Erfolge eingeschlossen. In vielen Fällen brachte ich jedoch ein Tinctionsverfahren in Anwendung. Ich verfuhr so dabei, dass ich die Schnitte des gehärteten Materials zunächst in eine sehr verdünnte Lösung von carminsaurem Ammoniak brachte und hierauf, nach erfolgter Tinction des Protoplasmas und Zellkerne, die Untersuchung in Wasser oder Glycerin vornahm. Dieses Verfahren leistete mir bei meinen Untersuchungen wesentliche Dienste, indem der Zellkern und der Protoplasmakörper der entleerten Reservestoffbehälter in Betreff ihres Farbenspeicherungsvermögens so erheblich differiren, dass durch die Carmintinction das deutliche Hervortreten der Zellkerne mit einer Leichtigkeit bewirkt werden kann, die mich bestimmte, der Carminlösung den Vorzug vor der Jodtinctur zu geben. Und überdies gewährt die Anfertigung tingirter Präparate noch den Vortheil, dass dieselben in diesem Zustande für die Dauer eingeschlossen werden können.

Die Zellen, aus denen das erschöpfte Parenchymgewebe ausgekeimter Erbsen zusammengesetzt ist, lassen sich auf drei Haupttypen zurückführen. Ich unterscheide in dieser Beziehung ausser den Vollzellen, deren ich früher bereits gedachte, noch Zellen von gewöhnlichem vegetativem Typus und solche, die ich mit Rücksicht auf die habituelle Eigenthümlichkeit des Vorkommens cystenartiger Neugebilde, als cystenführende Zellen bezeichnen will.

Die Zellen des vegetativen Typus besitzen einen dünnen Wandbeleg und den Zellsaft. Im Ersteren gelangt ein Zellkern zur Ausbildung, welcher in den Zellen des ruhenden Samens nie vorhanden ist und überhaupt erst dann im Wandbeleg erscheint, wenn der Vorrath an Reservenahrungsstoffen fast gänzlich verbraucht ist. — Der Vorgang dieser freien Kernbildung spielt sich in einem relativ sehr späten Zeitpunkt ab, wie daraus entnommen werden kann, dass der Zellkern nie vor dem gänzlichen Verschwinden der Aleuronkörner auftritt. Viele der kernhältigen Zellen enthalten in ihrem Zellsafte noch die Residuen der Stärkekörner, die in anderen Zellen nicht mehr aufgefunden werden. Daraus ist zu schliessen, dass die Resorption der Stärkekörner erst nach dem Erscheinen des Zellkernes zum Abschlusse gelangt.

Dem dritten zähle ich die cystenführenden Zellen zu; in diesen wurden wenig oder gar nicht veränderte Stärkekörner im eingekapselten Zustand vorgefunden. Die Cysten sind Neugebilde, deren Entstehung mit dem Beginne der Resorption der Reservestoffe zusammenfällt. Die Fig. 7—27, sollen den Leser über diese bisher noch nicht beschriebenen Gebilde orientiren.

Das Erscheinen der Cysten beeinflusst die Resorptionsvorgänge nicht im Geringsten, denn auch diese Kategorie von Zellen enthält in einem gewissen Zeitpunkte einen protoplasmatischen Wandbeleg mit Zellkern. Für das Erscheinen des Letzteren ist auch hier, ein bestimmter Grad bereits zu Stande gekommener, innerer Veränderungen im ursprünglichen Protoplasmakörper massgebend.

Die Vollzellen des erschöpften Parenchyms und die intercellularen Ausscheidungen in demselben.

Es sind dies die bereits in der ersten Abhandlung erwähnten Zellen mit desorganisirtem Körnerplasma, die nach dem Zustandekommen der das letztere betreffenden Veränderungen, im Gewebe, als nicht erschöpfte Reservestoffbehälter zurückbleiben. Es müssen zwei Kategorien von Vollzellen unterschieden werden; einmal solche in denen an Stelle des ursprünglichen Körnerplasmas, eine Substanz von hyaliner oder körniger Beschaffenheit

tritt, welche fast immer eine für diese Fälle charakteristische gelbe Färbung erlangt. Sie ist gegen die Stärkekörner und die Zellhaut durch die noch vorhandenen, als helle, stärker lichtbrechende Säume erscheinenden Hautschichten abgegrenzt. (Fig. 1.) Wenn wir von der Färbung absehen, so entspricht das Körnerplasma dieser Zellen demjenigen, welches so häufig durch directe Wassereinwirkung unmittelbar aus dem differenzirten hervorgeht. Ich habe bereits in der ersten Abhandlung ein in einem derartigen Zustande befindliches Körnerplasma, als das vollständig desorganisirte bezeichnet.

Die gelbe Masse, in welcher die Stärkekörner eingebettet sind, ist in hohem Grade tinctionsfähig; es markiren sich aus diesem Grunde in tingirten Präparaten, einzelne Vollzellen, und aus diesen bestehenden Nester, als rothe Partien von wechselnder Ausdehnung. Die Tinction trägt in diesen Fällen zur Verdeutlichung der Hautschichten sehr viel bei, da diesen Grenzschichten des Protoplasmakörpers die Fähigkeit, in ihrer Substanz Carmin aufzuspeichern gänzlich abgeht.

Die Ähnlichkeit zwischen dem vollständig desorganisirten Körnerplasma dieser Zellen und dem durch directe Wassereinwirkung hervorgehenden, ist höchst auffallend; es finden sich sogar in dem ersteren häufig noch die Vacuolen, welche während des Desorganisationsactes in den Aleuronkörnern entstanden sind.

In weniger zahlreichen Fällen erscheint in den Vollzellen, das in der ersten Abhandlung bereits erwähnte, zwischen den hyalinen Hautschichten eingeschlossene unvollständig desorganisirte Körnerplasma, welches an den vacuolisirten Aleuronkörnern kenntlich ist. In diesen Zellen sind die Aleuronkörner die einzigen Bestandtheile des desorganisirten Protoplasmas, welche bei der Tinction den Farbstoff aufnehmen.

Das Erscheinen der Vollzellen ist in vielen Fällen bei der Keimung im Lichte ein durchaus spontanes, wenigstens kann ich gegenwärtig keine Ursache angeben, warum in gewissen Zellen unter diesen Umständen die Resorption der Reservenahrungsstoffe unterbleibt. In Betreff des Vorkommens der Vollzellen in durch die Keimung im Lichte erschöpften Cotyledonen, machen sich jedoch individuelle Verschiedenheiten geltend, so dass es durchaus

unzulässig wäre die Anwesenheit von Vollzellen, als ein specifisches Resultat der im Lichte stattfindenden Entwicklung der Keimpflanzen anzusprechen.

Das Auftreten der Vollzellen ist aber auch durch gewisse Veränderungen im Gewebe der Reservestoffbehälter ursächlich bedingt, in welchem Falle die Vollzellbildung von den äusseren Bedingungen der Keimung ganz unabhängig ist. Es erscheinen nämlich in den Cotyledonen unter allen Umständen der Resorption nicht unterliegende Reservestoffbehälter, wenn im Parenchym bereits vor der Keimung Sprünge vorhanden waren. Auch gelingt es die Bildung der Vollzellen willkürlich hervorzurufen. Dies lässt sich dadurch bewirken, dass man den Cotyledonen nach der Quellung oder auch während der Keimung Verletzungen, etwa durch Nadelstiche beibringt. Werden Erbsen mit verwundeten Cotyledonen während der Keimung nicht sehr feucht gehalten, so bleibt die Vollzellbildung in der Regel nur auf eine einzige unter der Wundfläche befindliche Zellschicht beschränkt; dies ist jedoch nicht der Fall, wenn die Cotyledonen unter Verhältnisse gebracht werden, die die Fäulniss der Wundflächen und des zuerst entstandenen Vollzellenbeleges begünstigen; dann werden nach und nach, auch die Reservestoffbehälter entfernterer Schichten zur Vollzellbildung herangezogen. — Der plasmatische Inhalt durch die Fäulniss veränderter Vollzellen, ist dunkelbraun gefärbt; zugleich besitzt derselbe eine deutliche körnige Beschaffenheit.

In allen Fällen werden die Vollzellen zur Abgrenzung der Wundflächen oder verfaulter Gewebeschichten, gegen das noch lebensthätige Gewebe verwendet. Nicht minder erscheinen die Wände, schon vor der Keimung im Parenchymgewebe vorhanden gewesener Hohlräume, im erschöpften Zustande der Cotyledonen mit Vollzellen ausgekleidet.

Unter Berücksichtigung der das Erscheinen von Vollzellen in den Cotyledonen im Lichte wachsender Keimpflanzen bedingenden Ursachen, können wir somit für diese Fälle zweierlei Arten von Vollzellen unterscheiden, und zwar 1. spontan auftretende, dem normalen Parenchym angehörige 2. Vollzellen, deren Auftreten durch pathologische Veränderungen des Gewebes bedingt ist.

In anatomischer Beziehung sind die Vollzellen beider Kategorien von einer durchaus gleichen Beschaffenheit.

Eine fast totale Erschöpfung des Parenchymgewebes der Erbse bei der Keimung im Lichte findet in unverletzten Cotyledonen ebenso häufig statt, als die partielle, durch die, je nach ihrem Grad, eine wechselnde Anzahl von Reservestoffbehältern in einem nur wenig veränderten Zustande in dem erschöpften Gewebe zurückbleiben. Auf welche Ursachen das spontane Erscheinen von Vollzellen in dem sich erschöpfenden Gewebe zurückgeführt werden müsste, darüber kann ich nicht einmal eine Vermuthung aussprechen.

Das Auftreten spontan erscheinender Vollzellen beschränkt sich ausnahmslos auf die mittlere Schicht des Parenchymgewebes, welche aus Zellen von ausgesprochener anisodiametrischer Gestalt zusammengesetzt ist.

Bei der Keimung unter Verhältnissen, die die Etiolirung der Keimpflanzen zur Folge haben, tritt die spontane Vollzellbildung nie ein und das Vorkommen der Vollzellen ist dann, soweit meine Beobachtungen reichen, stets durch die erwähnten Veränderungen des Parenchymgewebes bedingt, die übrigens auch für das Erscheinen der Vollzellen bei der Keimung im Lichte bestimmend sind.

Beim Aufsuchen der Vollzellen, deren Inhalt, wenn man von der Färbung des Körnerplasmas absieht sich in einem Zustande befindet, dass man fast glauben könnte, so eben erst durch die Einwirkung der Zusatzflüssigkeit desorganisirte Inhaltskörper vor sich zu haben, fiel mir das überaus häufige Vorkommen gelb oder gelbbraun gefärbter homogener oder körniger Ausscheidungen, innerhalb der in der Nähe von Vollzellen befindlichen Intercellulargänge auf. Das Auftreten dieser intercellularen Ausscheidungen ist zuweilen ein so massenhaftes, dass mancher, zahlreichere Vollzellen enthaltender Schnitt, in der Nähe der letzteren, bei der Betrachtung unter dem Mikroskope fast den Anblick gewährt, als hätte man vor der Untersuchung die Intercellulargänge mit einer gelben Substanz injicirt.

Mit diesen verstopften Intercellulargängen können die mit gelber, körniger oder fast homogener Substanz erfüllten Zwischenräume, wie sie hier und da zwischen den Zellen erscheinen, kaum

verwechselt werden. Es sind dies die kleinlumigen, stärkefreien Aussackungen von Vollzellen der mittleren Parenchymschicht. Namentlich in tangentialer Richtung durch die Cotyledonen in geringer Entfernung von ihrer convexen Oberfläche geführte Schnitte, bringen zahlreiche dieser Aussackungen zur Ansicht. Dies ist durch die anisodiametrische Gestalt der der mittleren Parenchymschicht angehörenden Zellen, die einer zur convexen Oberfläche der Cotyledonen senkrechten Richtung verlängert sind, bedingt.

Das Vorkommen intercellularer Ausscheidungen ist eine durchaus specifische Eigenthümlichkeit solcher Cotyledonen, die, sei es spontan oder in Folge der bereits erwähnten Veränderungen des Parenchymgewebes entstandene Vollzellen enthalten. Cotyledonen, in denen während des Erschöpfungsprocesses ihres Parenchymgewebes die Vollzellbildung unterblieb, entbehren dieser Ausscheidungen vollständig, unabhängig davon, ob die Erschöpfung im Lichte oder im Dunkeln stattgefunden hat. Es müssen aus diesem Grunde, das Vorkommen der Vollzellen und der intercellularen Ausscheidungen, als zusammengehörige, sich gegenseitig bedingende Erscheinungen aufgefasst werden.

Das Auftreten der intercellularen Massen ist in einem jeden Fall ein streng localisirtes und auf die, in der Nähe der Vollzellen befindlichen Gewebeschichten von sehr differenter Mächtigkeit beschränkt. Innerhalb der Ausscheidungsgebiete, nimmt ferner die Menge des in die Intercellulargänge gelangenden Secretes, mit der wachsenden Entfernung von den Vollzellen ab. In unmittelbarer Nähe der Vollzellen erscheinen im erschöpften Zustande der Cotyledonen, die Intercellulargänge durch gelbe oder braune, hyaline oder körnige Massen verstopft. (Fig. 1.)

Häufig werden die sonst compacten intercellularen Secretablagerungen durch Luftblasen in Kammern abgetheilt. (Fig. 2.)

In der Nähe der äusseren Grenze des Ausscheidungsgebietes, machen sich die Secretionen als homogene, tropfen- oder kuchenförmige, in das Lumen des Intercellularganges hineinragende Protuberanzen oder Überzüge der Wände desselben bemerkbar (Fig. 3 und 4), die schliesslich in farblose Gebilde

von der in Fig. 5 dargestellten Form übergehen. Diese letzteren, den Wänden des Intercellularraumes anhängenden und an denselben erhärteten Secrettropfen, ertheilen den freien Oberflächen der betreffenden Gewebezellen eine höchst eigenthümliche Sculptur, die bei gleichmässiger Vertheilung der Protuberanzen, mitunter an diejenige erinnert, deren Entstehung durch das s. g. centrifugale Dickenwachsthum der Zellhaut vermittelt wird. In extremen Fällen besitzen die, an der äussersten Grenze des Ausscheidungsgebietes auftretenden intercellularen Gebilde, eine zapfenartig verlängerte Gestalt, wie ein von einer glatten Fläche frei herabsinkender Tropfen einer zähflüssigen, schnell erstarrenden Masse. Häufig finden sich in den Intercellularräumen derselben Zone auch biscuitförmige Körper, die denselben Anblick gewähren, wie zwei aus einer dickflüssigen Substanz bestehende, in Folge gegenseitiger Berührung verschmelzende Tropfen. Vorkommnisse der letzteren Art enthält die Fig. 5, welche die Wände der Länge nach durchschnittener Intercellulargänge *(i)*, zur Anschauung bringt.

Die Anwesenheit der Secretmassen in den Intercellulargängen, ist selbstredend als Resultat einer in der Richtung des geringsten Widerstandes erfolgten Druckfiltration aufzufassen. Dieser Vorgang hat immer den vitalen Zustand sich erschöpfender Reservestoffbehälter zur Voraussetzung.

Wo gefärbte Secrete ausgeschieden werden, da ist das Vorhandensein eines mit den ersteren identischen Stoffes in den filtrirenden Wandtheilen ohne Weiteres nachweisbar. (Fig. 3, 4.)

Wegen der Beschaffenheit der Zellhautflächen durch welche die Filtration zu Stande kommt, muss das Secret sich natürlich immer im Zustande einer wirklichen Lösung befinden. Dass manche Secretablagerungen aus einer körnigen Substanz bestehen, ist wohl nur durch nachträgliche Veränderungen derselben bedingt. — Die gegen Wasser sich vollkommen indifferent verhaltenden Secrete bestehen aus einer Substanz, welche, wie ich vermuthe, in kürzester Zeit nach erfolgter Ausscheidung den Aggregatzustand einer Flüssigkeit verliert. Ich schliesse daraus, dass das ursprüngliche Lösungsmittel, welches gewiss nicht reines Wasser ist, nach der Ausscheidung des Secretes irgend eine Veränderung erfährt, wodurch das ursprünglich flüssige

Ausscheidungsproduct im Lumen des Intercellularganges, als auch innerhalb der filtrirenden Wandflächen, zu einem festen Körper erstarrt. Die gelbe Färbung, welche die Wände der die Secrete aufnehmenden Intercellulargänge besitzen, erstreckt sich oft auch auf die benachbarten Theile der Zellhaut, an denen der Natur der Sache nach keine Filtration stattfinden kann. Diesem Befunde entsprechende Bilder sind in den Fig. 3 und 4 dargestellt.

In Cotyledonen keimender Erbsen, die sich in einem sehr feucht gehaltenen Boden oder in einem mit Wasserdampf gesättigten Raume befanden, konnte ich, wenn dieselben nachdem die Wurzel die Länge von circa 10 Mm. erreicht hatte, mit einer Nadel durchstochen wurden, die Anwesenheit der Secrete im Bereiche der Wunde, in der Regel schon 24 Stunden nach beigebrachter Verletzung constatiren.

Sie erscheinen in diesem Falle als hyaline oder nur sehr schwach körnige, hellgelbe Massen, durch die in der Nähe der entstandenen Vollzellenschicht befindliche Intercellulargänge oft ganz verstopft sind. Hierbei machte ich die Beobachtung, dass das Plasma der Vollzellen, schon kurze Zeit nach erfolgtem Ergusse des Secretes in die angrenzenden Intercellulargänge eine Färbung erlangt, die ich als durchaus übereinstimmend mit derjenigen des letzteren bezeichnen muss.

Die zwischen den Zellen befindlichen Ausscheidungsproducte erfahren eine auffällige Veränderung, wenn die Wundflächen von der Fäulniss ergriffen werden. In diesem Falle macht sich in den Secreten, wohl nur in Folge der beginnenden Humification ein brauner Farbton bemerkbar, durch den schliesslich die ursprüngliche gelbe Färbung ganz verdeckt wird, womit gleichzeitig sich eine körnige Beschaffenheit, die ursprünglich nicht vorhanden war, in einem immer höheren Grade bemerkbar macht. Unter denselben Verhältnissen erfährt auch der gelbe Inhalt der Vollzellen, eine auf dem Hervortreten eines braunen Farbtones beruhende Veränderung.

Ist jedoch die Filtration nicht ausgiebig genug, so kommt die Verfärbung des Plasmas der Vollzellen in einem viel späteren

Zeitpunkte zu Stande. Ich glaube diesen Schluss aus der Thatsache ziehen zu dürfen, dass in den Fällen, wo das Erscheinen der intercellularen Secrete auf sehr engbegrenzte Stellen beschränkt ist, von einer Verfärbung des Desorganisationsproductes in den Vollzellen nicht das Geringste wahrzunehmen ist.

Ich vermuthe nun, dass die Intensität mit welcher die Ausscheidung erfolgt, von äusseren Umständen abhängig sei, und dass in dieser Beziehung diejenigen von massgebendem Einflusse sind, von denen die Intensität der Wasserverdunstung oder Transpirationsgrösse der Cotyledonen abhängt. So ist in Schnitten aus verwundeten Cotyledonen, die sich unter Verhältnissen befanden, die einem erheblicheren Wasserverlust in Folge der Transpiration entgegenwirkten, die Menge des intercellularen Secretes eine auffallend geringere, als in Cotyledonen, die nach der Verwundung unter Verhältnisse gebracht wurden, die eine ausgiebigere Verdunstung, unter übrigens ganz gleichen Umständen zur Folge hatten. Dies habe ich durch Versuche constatirt, zu welchen nach vollendeter Quellung, mit Nadeln durchstochene Erbsen angewandt wurden. Eine Partie derselben wurde ziemlich tief in feuchte Erde gesteckt und in dieser bis zur Untersuchung belassen, während die der anderen kurze Zeit nach dem Hervorbrechen der Wurzeln von der Samenschale befreit und mit der Wurzel so in die Erde gesteckt wurden, dass der grösste Theil der Oberfläche der Cotyledonen sich in der Luft befand, und als Verdunstungsfläche wirken konnte. Im letzteren Falle machen sich gewisse, mit der Verfärbung der Inhaltskörper der Vollzellen zusammenhängende Veränderungen des Gewebes in der Nähe des Wundcanales viel rascher bemerkbar, als in Cotyledonen, die in der Schale eingeschlossen, bei tiefer Bodenlage nicht zu transpiriren vermögen. Dies hat Bezug auf das Erscheinen einer, bei der mikroskopischen Betrachtung, schmalen, ringförmigen Zone von gelber Färbung, durch welche der Wundcanal gegen das umgebende Gewebe abgegrenzt ist. Unter dem Mikroskope entspricht der besagten Zone der Vollzellenbeleg, dessen desorganisirte Plasmakörper die charakteristische Färbung bereits besitzen. In diesem Falle sind aber auch die angrenzenden Intercellulargänge mit dem Secrete dicht erfüllt, welches dieselbe Färbung wie das Desorganisationsproduct der Vollzellen besitzt. Dies sind Ver-

änderungen im Gewebe der sich erschöpfenden Cotyledonen, die sich in solchen, die während der Keimung sehr feucht gehalten werden, erst in einem viel späteren Zeitpunkt in demselben Masse bemerkbar machen.

Wenn wir nun die Verhältnisse berücksichtigen, welche die eigenthümliche Verfärbung des Vollzelleninhaltes offenbar begünstigen, so erscheint die Annahme, dass diese Veränderung durch den Beginn der Humification bedingt sein könnte, kaum annehmbar. Wenn dem so wäre, so müsste ja die Verfärbung des Plasmas der Vollzellen bei tiefer Bodenlage, wo die Bedingungen für die Humification am günstigsten sind, früher beginnen als dort, wo die Wundflächen in Folge der Transpiration unausgesetzt Wasser verlieren. Auch der anatomische Befund ist kaum geeignet die Annahme, dass die in Rede stehende Verfärbung mit dem Humificationsprocess direct zusammenhängt, wahrscheinlich zu machen. Die Verfärbung des Desorganisationsproductes beginnt nämlich, wie dies Präparate darthun, die den Cotyledonen sofort nach dem Erscheinen der gelben Zone entnommen wurden, in den unverletzten Zellen der Wundfläche und es ist in diesem Zeitpunkt an den noch vorhandenen Residuen des Plasmas der zerrissenen Zellen, von einer Verfärbung nicht das Geringste wahrzunehmen, wo doch, wenn diese Veränderung nur durch die Humification bedingt wäre, diese sich zuerst bemerkbar machen müsste. Was aber besonders gegen die Richtigkeit der in Rede stehenden Annahme in das Gewicht fällt ist die Thatsache, dass kurze Zeit nach dem Erscheinen der mit unbewaffnetem Auge deutlich bemerkbaren verfärbten Zone, die Tinction des Desorganisationsproductes in manchen Zellen derselben eine nur localisirte ist; dabei ist diese nicht auf die äusseren, der Wundfläche zugekehrten Partien, sondern auf die inneren beschränkt. Es schreitet somit die Verfärbung des Plasmas der Vollzellen in der Richtung von innen nach aussen fort. Wenn ich nun damit die Thatsache in Zusammenhang bringe, dass die Färbung des Desorganisationsproductes von einem gewissen Zeitpunkt an mit derjenigen der intercellularen Secrete übereinstimmt, und dass das erstere nach seiner Veränderung ein auffallend höheres Lichtbrechungsvermögen erlangt, so werde ich dadurch zur Schlussfolgerung geführt, dass wir es hier mit

einer Infiltration des Plasmas der Vollzellen mit einem von aussen in dieselben gelangenden Stoffe, dessen Beschaffenheit mit derjenigen des ausserhalb der Zellen befindlichen Secretes übereinstimmt, zu thun haben. Dafür spricht auch die mit der Infiltration zusammenhängende gelbe Färbung der Wände, welche den Vollzellen und den unmittelbar angrenzenden sich erschöpfenden Reservestoffbehältern gemeinsam sind. Dies führt weiter zur Schlussfolgerung, dass es eben die letzteren sind, durch welche als Filtrationsflächen, die Ausscheidung des Secretes in den Inhalt dieser Zellen erfolgt.

Ich werde auf die secretorische Thätigkeit der Reservestoffbehälter während der Keimung, in einem späteren Capitel der vorliegenden Abhandlung noch zurückkommen. Hier will ich nur die Bemerkung einschalten, dass die Secretbildung mit Rücksicht auf die Umstände, welche dieselbe offenbar begünstigen, doch nur als Ersatz für die dem Parenchymgewebe mangelnde Fähigkeit, der auf Zelltheilung beruhenden Callusbildung aufgefasst werden kann, vorläufig mit Einschränkung für die Fälle, wo das Gewebe durch eine Verwundung den Impuls zu den Vorgängen erhält, auf denen die Ausscheidung des Secretes beruht. Durch die Secretbildung werden zunächst die, in die Wundfläche ausmündenden Intercellulargänge verstopft und dadurch die freien Wandungen der im Bereiche der Wunde befindlichen unverletzten Zellen, als Verdunstungsflächen ausser Action gesetzt. Dies wäre jedoch, wenn die Secretion der Wasserverdunstung vorbeugen soll, an und für sich nicht ausreichend, da nach Verstopfung der Intercellulargänge, ein grosser Theil der Wundfläche dem Gewebe noch immer unausgesetzt Wasser, durch die auf derselben erfolgende Verdunstung entziehen würde. Die Wundfläche könnte erst dann als Transpirationsfläche ausser Action gesetzt werden, wenn sowohl die Wände der Vollzellenschicht, als auch das in den einzelnen Zellen befindliche Desorganisationsproduct von einem Stoffe infiltrirt würden, dessen Anwesenheit die Imbitionsfähigkeit derselben herabsetzen könnte. Wenn ich mir nun das ganz indifferente Verhalten des Secretes gegen Wasser überlege, so werde ich dadurch zur Vermuthung geführt, dass die Infiltration der Membranen und des in Vollzellen befindlichen Desorganisationsproductes den Zweck hat, die Im-

bitionsfähigkeit dieser Theile zu unterdrücken und dadurch den durch Verdunstung zu Stande kommenden Wasserverlust auf ein Minimum herabzusetzen.[1]

Sämmtliche intercellularen Secrete sind unabhängig von ihrer Färbung und Art des Vorkommens gegen Jod vollkommen indifferent. Mit Jod und Schwefelsäure oder mit Chlorzinkjod werden sie braun. Salpetersäure mit Ammoniak färbt die farblosen, auf engbegrenzten Stellen austretenden Filtrate, gelb. In concentrirter Kalilauge, deren Wirkung durch Erwärmung beschleunigt wird, sind sämmtliche Secrete ohne Hinterlassung eines Rückstandes löslich; hierbei setzen dieselben, wie aus dem Zeitpunkt in welchem ihre Lösung erfolgt geschlossen werden kann, der Einwirkung der Kalilauge einen bedeutenden Widerstand entgegen.

Die farblosen intercellularen Ausscheidungen verhalten sich gegen Carminlösung vollkommen indifferent; selbst nach mehrtägigem Verbleiben der Schnitte in concentrirter Carminlösung, habe ich an den Ausscheidungen dieser Kategorie nicht die geringste Andeutung einer stattgefundenen Tinction wahrnehmen können. Die gelben körnigen oder homogenen Secrete, lassen in Betreff ihrer Tinctionsfähigkeit ein mittleres Verhalten erkennen, indem einige derselben mit ziemlicher Leichtigkeit Carmin in ihrer Masse aufspeichern, andere hingegen, selbst in demselben Präparate befindliche, sich gegen Carmin ebenso indifferent, wie die farblosen Ausscheidungen verhalten. Die tinctionsfähigen Secrete von gelber Färbung sind jedoch entschieden nicht von gleicher stofflicher Beschaffenheit, indem bei den Secreten dieser Kategorie in Betreff der Leichtigkeit mit welcher die Carminlösung aufgenommen wird, nicht unbeträchtliche Differenzen obwalten. Es erlangen nämlich die intercellularen Massen auf manchen Punkten der Präparate bei der Tinction in kurzer Zeit eine rothe Färbung, die, obzwar weniger

[1] Ganz analoge Infiltrationsvorgänge, wie sie im Parenchym der Erbse nach einer Verwundung zu Stande kommen, habe ich ebenfalls in Cotyledonen von *Vicia sativa, Phaseolus multiflorus* und *Lupinus luteus*, die während der Keimung der betreffenden Samen mit Nadeln durchstochen wurden, beobachtet.

intensiv als die des Körnerplasmas der Vollzellen, doch einen unverkennbar dunkleren Farbton als die angewandte Tinctionsflüssigkeit besitzt. Dieses Verhalten ist jedoch keineswegs ein allgemeines, und es bedarf in manchen Fällen einer anhaltenden Einwirkung der Carminlösung, um Secrete, die sich an verschiedenen Punkten eines Präparates vorfinden, gleichmässig zu tingiren. In nicht minder hohem Grade auffallend ist es, dass der aufgenommene Farbstoff sich in der Masse mancher Secrete so ungleichmässig vertheilt, dass an manchen Stellen von einer Tinction nicht das Geringste wahrgenommen werden kann.

Ungeachtet die Farbstoffaufnahme in den Filtrationsproducten eine unverkennbare Analogie mit der Aufspeicherung von Farbstoffen in plasmatischen Körpern, für deren Verhalten in dieser Beziehung der Gehalt an Eiweissstoffen massgebend ist, erkennen lässt, muss ich dieselbe dennoch für einen wesentlich verschiedenen Vorgang erklären.

Es ist nämlich die Intensität mit welcher der imbibirte Farbstoff von den Secreten festgehalten wird, eine so geringe, dass die nachträgliche Behandlung der tingirten Präparate mit verdünntem Glycerin, innerhalb weniger Tage hinreicht, um den aufgenommenen Farbstoff aus den Secreten vollständig zu entfernen.

Die Eigenschaft Farbstoffe aufzuspeichern, dieselben in eine im ursprünglichen Lösungsmittel unlösliche Modification überzuführen, besitzen die durch Druckfiltration ausgeschiedenen Secrete jedenfalls nicht, und es dürften aus diesem Grunde die Farbstoffe absorbirenden Stoffe des Körnerplasmas in den Secreten gar nicht, oder doch nur in sehr geringer Menge vorhanden sein. Wir müssen somit das der plasmatischen Substanz der filtrirenden Zellen entstammende Secret, als ein durch Druckfiltration gebildetes und durch diesen Vorgang wesentlich verschiedenes, aus löslichen Antheilen des Körnerplasmas gebildetes Product ansprechen. Es wäre demgemäss das so ungleiche Verhalten desselben bei der Aufnahme des Carmins, auf qualitative und quantitative Verschiedenheiten zurückzuführen, die möglicherweise mit Druckdifferenzen während der Ausscheidung zusammenhängen.

Wie ich aus dem Widerstande entnehme den das Messer während der Schnittführung durch erschöpfte Cotyledonen, die vorher in Alkohol eingelegt waren, in dem Falle erfährt, wenn dieselben zahlreiche Vollzellen mit vollständig desorganisirtem und mit dem gelben Secrete infiltrirten Körnerplasma enthalten, muss der durch Alkohol veränderte Inhalt dieser Zellen eine knorpelartige Consistenz besitzen. Und dies ist in einem um so höheren Grad der Fall, je mehr Vollzellen mit vollständig desorganisirtem Körnerplasma in dem Gewebe vorhanden sind.

Für die Annahme, dass der Aggregatzustand des in Alkohol gehärteten Plasmas dieser Zellen, von dem eines dickflüssigen oder breiartigen Körpers erheblich verschieden sein müsse, sprechen noch andere Umstände. So findet man in Vollzellen, die durch den Schnitt geöffnet wurden, häufig Reste des Plasmakörpers, deren Begrenzungen auf den ersten Blick erkennen lassen, dass man Partikel eines starren Körpers vor sich habe. Es gelingt ferner die in der Zelle zurückgebliebenen Residuen des Plasmakörpers, durch einen mit Hilfe des Deckglases ausgeübten Druck, in kleinere Partikel zu zertrümmern, nie aber an diesen Veränderungen zu bewirken, die sich ergeben müssten, wenn der durch Alkohol veränderte Inhalt sich im Zustande eines halbfesten, gallertartigen Körpers befinden würde. — Aus derartigen durch den Schnitt geöffneten Zellen, geräth oft der ganze zurückgebliebene Theil des Plasmas in das Untersuchungsmedium, in welchem dieser sammt den, in den Alveolen der desorganistrten Masse steckenden Stärkekörnern, wie ich oft gesehen habe, im Gesichtsfelde herumrollt ohne dass die Stärkekörner eine Veränderung ihrer ursprünglich innegehabten Lage erfahren würden. Es vermag also das durch die Einwirkung des Alkohols veränderte desorganisirte Körnerplasma die Stärkekörner in ihrer Lage unverrückbar zu fixiren.

In weniger zahlreichen Fällen befindet sich jedoch das Körnerplasma der Vollzellen, wie an dem Vorhandensein vacuolisirter Aleuronkörner erkannt werden kann, in einem *unvollständig* desorganisirten Zustand. *In diesem Falle sind die für die erste Kategorie von Vollzellen angegebenen Consistenzverhältnisse im Körnerplasma nicht vorhanden*, da aus derartigen verwundeten Zellen sowohl

Aleuronkörner als Stärkekörner in die umgebende Flüssigkeit im isolirten Zustande ausgeschieden werden können.

Gegen Wasser, ferner verdünntes und concentrirtes Glycerin, verhält sich das vollständig desorganisirte Plasma der Vollzellen in Cotyledonen, die durch die Alkoholbehandlung für die Untersuchung vorbereitet wurden, ganz indifferent. Ich habe an in verdünntem Glycerin eingeschlossenen Bruchstücken des gehärteten Körnerplasmas dieser Zellen, nach Monaten keinerlei Veränderung wahrnehmen können, welche, wenn sie auf einer schliesslich doch zu Stande kommenden Lösung oder Quellung beruhte, im tingirten Zustande des Objectes sich der Aufmerksamkeit wohl nicht entziehen könnte.

A priori könnte man sich die Entstehung dieser eigenthümlichen in Vollzellen eingeschlossenen Desorganisationsproducte in mehrfacher Weise denken, da, wenn man die Einwirkung des Imbitionswassers des Gewebes während der Keimung, die Infiltration mit dem Secrete und die vorbereitende Behandlung mit Alkohol, als Momente von massgebender Bedeutung ansehen würde, den Möglichkeiten, die der Erklärung der Ursachen dieser höchst auffälligen Veränderungen zu Grunde gelegt werden könnten, ein weiter Spielraum offen bleibt. — Die in dieser Beziehung möglichen Annahmen lassen sich jedoch auf eine geringere Anzahl reduciren, wenn man das Verhalten des bereits gelb gefärbten, jedoch frischen Desorganisationsproductes der Vollzellen in Betracht zieht. Vor der Behandlung mit Alkohol ist das gelbe Plasma ein Körper, der sich in einem gallertartigen Aggregatzustand befindet — er ist zerreiblich, jedoch nicht zerbrechlich, wie das durch Alkohol veränderte Desorganisationsproduct; dabei ist aber der infiltrirte Inhaltskörper in Wasser unlöslich. Die Infiltration mit dem gelben Secrete ist somit für das Zustandekommen den Aggregatzustand betreffender Veränderungen, allein nicht massgebend — dazu gehört noch die Einwirkung des Alkohols. — Die Thatsache, dass das infiltrirte Plasma bereits vor der Behandlung mit Alkohol die Eigenschaften eines in Wasser unlöslichen Körpers besitzt, könnte zur Annahme führen, dass die löslichen Bestandtheile des Plasmas durch das in dasselbe eingedrungene und in diesem vertheilte Secret so zu sagen durch Einhüllung der Einwirkung des lösenden Agens

entzogen werden. Es könnte somit das eingedrungene Secret, für das geänderte Verhalten des Körnerplasmas gegen Wasser als massgebend angesehen werden. Nun ist aber gerade in letzterer Beziehung eine noch andere Möglichkeit in Betracht zu ziehen und diese präcisirt die Frage: ob das Körnerplasma nicht durch die länger andauernde Einwirkung des Imbitionswassers des Gewebes und den daraus resultirenden Verlust an lösenden Vehikeln, die Eigenschaften eines in Wasser unlöslichen Körpers erlangt? An diese Frage schliesst sich die andere an: ob das Verhalten des durch Wassereinwirkung veränderten Desorganisationsproductes gegen Alkohol, in irgend einer Weise modificirt ist oder nicht? Mit Rücksicht auf die beiden letzteren Punkte, ist die Frage nach den Ursachen des veränderten Zustandes des Desorganisationsproductes wenigstens zum Theil einer experimentellen Prüfung fähig; sie bildet den Ausgangspunkt für die nachfolgenden Untersuchungen, die zunächst den vollständig desorganisirten Zustand des Körnerplasmas betreffen.

Es bestand nun meine Aufgabe darin, zu bestimmen, welcher Antheil an den stattgehabten Veränderungen des Desorganisationsproductes in Vollzellen durch Alkohol zur Untersuchung vorbereiteter erschöpfter Cotyledonen dem Wasser oder präciser ausgedrückt, dem Imbitionswasser des Gewebes, welches seinen Einfluss schon vor der Härtung geltend macht, und dem Alkohol insbesondere zufällt.

Bevor ich zur Darstellung der Resultate, die zunächst das Verhalten des vollständig desorgnnisirten Körnerplasmas betreffen, übergehe und zu denen ich auf dem Wege gelangte, dass ich das Körnerplasma innerhalb geschlossener Zellhäute sofort nach seiner Desorganisation, theils mit Alkohol, theils mit Wasser, und schliesslich nach einander der Einwirkung beider Agentien unterwarf, will ich zunächst das Verhalten des Körnerplasmas in durch den Schnitt geöffneten Zellen gegen Wasser in Kürze besprechen.

Die Einwirkung des Wassers[1] auf das Körnerplasma durch den Schnitt verletzter Zellen, bewirkt eine auffällige Verringerung

[1] Ich habe dasselbe bei den Versuchen, die in diesem Capitel besprochen werden sollen, immer nur im destillirten Zustande angewandt, was ich hier ein- für allemal bemerke.

des ursprünglichen Lichtbrechungsvermögens der unter diesen Umständen sofort sich desorganisirenden Masse des Körnerplasmas. Es hat für mich den Anschein, als würde das Letztere fast ganz in eine Lösung überführt werden. Denn ich finde nach einiger Zeit innerhalb der Zelle nach dem Verschwinden des Körnerplasmas eine so unerhebliche Menge eines körnigen, weiter nicht veränderungsfähigen Residuums, dass dasselbe für das Verhalten des Körnerplasmas im Grossen und Ganzen kaum in Betracht kommen kann. Am anschaulichsten verlaufen die bei der Auflösung des Körnerplasmas sich zu erkennen gebenden Erscheinungen, wenn man das Wasser durch eine verdünnte Carminlösung ersetzt und auf diese Weise beschickte Präparate, aus trockenen oder auch gequollenen Erbsen, unverzüglich unter das Mikroskop bringt. Hat man hierbei nicht zu lange gezögert, so erblickt man das innerhalb geöffneter Zellen sich desorganisirende Körnerplasma im tingirten Zustand, welcher jedoch wegen der gleichzeitig stattfindenden Lösung, nur eine sehr kurze Zeit anhält. Wenige Augenblicke nach der Tinction erscheint in der Zelle eine Flüssigkeit, die denselben Farbton besitzt, wie die tingirende. In der Tinctionsflüssigkeit befindliche, aus den Zellen herausgeschwemmte Inhaltsklumpen, erscheinen bei der Untersuchung nur in ihren inneren Partien tingirt, an welchen Punkten die Färbung in dem Masse als die Lösung fortschreitet, mehr und mehr verblasst.

Um die Veränderungen, welche der Alkohol in dem bereits durch die Wassereinwirkung desorganisirten Körnerplasma hervorruft, beurtheilen zu können, wurden der Einwirkung desselben, aus gequollenen Erbsen herausgeschnittene dickere Scheiben, die zahlreiche geschlossene, unverletzte Zellen enthielten, unterworfen. Um sich die Uberzeugung zu verschaffen, dass die in Alkohol zu bringenden Scheiben unverletzte Zellen wirklich enthielten, wurden sie zuvor in Wasser untersucht, was im jeden Fall so schnell wie möglich geschah. Dieses Verfahren, durch welches ganz und gar nicht bezweckt wurde den desorganisirten Zustand im Körnerplasma unverletzter Zellen herbeizuführen, da dieses schon durch das Herausschneiden der Scheiben seiner Organisation verlustig wird, gewährt den Vortheil, dass durch das Eintragen der Schnitte in Wasser, das bei der späteren Untersuchung

störende Körnerplasma, in den durch den Schnitt geöffneren Zellen ganz beseitigt wird. Die Einwirkung des Alkohols auf die Scheiben dauerte 4—6 Stunden. Hierauf wurden die Scheiben von Neuem in Wasser untersucht, zu welchem Zweck dieselben zuvor in einem am Objectträger befindlichen Wassertropfen in kleine Theile zerschnitten wurden. So gelangte ein Theil der im uneröffneten Zustande der Einwirkung des Alkohols ausgesetzt gewesenen Zellen unter Verhältnissen zur Beobachtung, die es ermöglichten in Erfahrung zu bringen, ob das desorganisirte Körnerplasma sein Verhalten gegen Wasser geändert habe oder nicht. Die Untersuchung ergab nun als Resultat, dass die Einwirkung des Alkohols auf das desorganisirte Körnerplasma geschlossener Zellen unter den angegebenen Verhältnissen spurlos vorübergehe. Dies ist ausnahmslos der Fall, wenn das Körnerplasma sofort nach seiner Desorganisation innerhalb unverwundeter Zellhäute, der Einwirkung des Alkohols unterworfen wird. Es ist nun einleuchtend, dass das auffallend verschiedene Verhalten des Plasmas von Vollzellen, die sich in Alkoholpräparaten befinden, nicht allein aus der Einwirkung des Alkohols resultiren könne. Dieses negative Resultat, welches die unmittelbare Einwirkung des Alkohols ergab, musste nothwendig zur Schlussfolgerung führen, dass die Überführung des Plasmas von Vollzellen erschöpfter Cotyledonen in einem Zustand, der nur mit dem einer Gerinnung verglichen werden kann, gewisse Veränderungen in seiner Zusammensetzung voraussetzt.

Es ergab sich nun aus meinen weiteren Versuchen, dass erst durch eine länger andauernde Einwirkung des Wassers auf das frische, innerhalb geschlossener Zellhäute befindliche desorganisirte Körnerplasma, die Bedingungen hergestellt werden, unter denen das vollständig desorganisirte Körnerplasma die Fähigkeit erlangt, durch die nachträglich stattfindende Behandlung mit Alkohol in den geronnenen Zustand zu übergehen, in welchem dasselbe eine in allen Punkten übereinstimmende Beschaffenheit mit dem Körnerplasma der Vollzellen erschöpfter, in Alkohol gehärteter Cotyledonen besitzt.

Zu den betreffenden Versuchen wurden ebenfalls dickere, theils trockenen, theils bereits gequollenen Erbsen entnommene Lamellen verwendet, welche, wenn sie unverwundete Zellen in nicht zu geringer Anzahl enthielten, durch längere Zeit der Einwirkung destillirten Wassers unterworfen wurden. Von Zeit zu Zeit wurden die Löslichkeitsverhältnisse des Körnerplasmas dieser Schnitte, durch Zerschneiden der letzteren in Carminlösung geprüft. So gelang es auch annähernd den Zeitpunkt zu bestimmen, in welchem aus der Einwirkung des Wassers resultirende Veränderungen im Verhalten des Körnerplasmas nachweisbar werden. Die Letzteren sind kaum mehr zu verkennen, wenn die Behandlung mit Wasser durch beiläufig 8 Stunden fortgesetzt wurde. Nach Ablauf dieser Zeit ist das ursprünglich vollständig desorganisirt gewesene Körnerplasma bereits ein in Wasser unlöslicher Körper. Partikel dieses Körnerplasmas, die durch das nachträgliche Zerschneiden der Versuchsschnitte in die Carminlösung befördert werden, imbibiren diese sofort, und nehmen in kürzester Zeit den unter Umständen erreichbaren höchsten Tinctionsgrad an. Ein Verblassen der tingirten, aus angeschnittenen in die Zusatzflüssigkeit gerathenen Klumpen dieses Plasmas ist ebenso wenig zu bemerken, als an den Partien desselben, die beim nachträglichen Zerschneiden in den geöffneten Zellen zurückbleiben. Dabei hat sich jedoch der ursprüngliche Aggregatzustand des vollständig desorganisirten Körnerplasmas gar nicht geändert, und es besitzt dasselbe auch nach der Maceration in Wasser die Beschaffenheit eines breiartig erweichten, durch schwachen Druck zerreiblichen Körpers.

Eine länger andauernde Einwirkung des Wassers vermag somit dem Körnerplasma, die seine Löslichkeit im desorganisirten Zustand bedingenden Vehikel zu entziehen. Ich stehe nicht an, diesen Effect auf einen durch die unverletzten Hüllen des Körnerplasmas vermittelten dialytischen Vorgang zurückzuführen, welcher den Austritt, der seine Löslichkeit bedingenden Stoffe, aus der unverletzten Zelle zur Folge hat.

Die durch dialytische Vorgänge zu Stande kommenden Veränderungen der Aleuronkörner, setzen den unverletzten Zustand der Wassereinwirkung unterworfener Zellen voraus. Es ist

vorläufig nicht zu entscheiden, ob nur die Zellhaut oder die peripherische Hautschicht allein, für das Verhalten des vollständig, oder bis zu einem gewissen Grade desorganisirten Körnerplasmas massgebend sind. Jedenfalls muss gefolgert werden, dass unter den angegebenen Bedingungen eine peripherische Schicht, möge dies die Zellhaut oder die membranartige Hautschicht auf der Oberfläche des Körnerplasmas sein, durch ihren physikalischen Aufbau für das Resultat des osmotischen Austrittes von Stoffen, in qualitativer Hinsicht bestimmend ist. Dies ist die einzige zulässige Schlussfolgerung; denn jeder Versuch das so auffällige Resultat einer länger andauernden Wassereinwirkung, aus Vorgängen anderer Natur erklären zu wollen, fällt damit, dass der Verlust der Löslichkeit nur unter Bedingungen erfolgt, die das Zustandekommen einer diosmotischen Wechselwirkung, zwischen der vollständig desorganisirten Substanz des Körnerplasmas und dem umgebenden flüssigen Medium, unter Mitwirkung einer peripherischen Schicht ermöglichen.

Das unlöslich gewordene Körnerplasma wird weder vacuolig noch schwächer lichtbrechend, als bei Beginn der Dialyse. Die Menge der diosmotisch austretenden Stoffe ist jedenfalls zu gering, als dass irgend eine direct wahrnehmbare Veränderung des unlöslich gewordenen Körnerplasmas erfolgen könnte.

Obwohl die Eigenschaften, die das Körnerplasma durch den diosmotischen Austritt, von ursprünglich innerhalb des ersteren gelösten Stoffen erlangt, jeden Zweifel beseitigen, dass unter den Diffusaten Kali und phosphorsaures Kali sich befinden, muss vorläufig ganz dahingestellt bleiben, ob diese lösenden Vehikel allein oder gleichzeitig mit anderen Stoffen, und zwar mit geringen Mengen der Proteinsubstanz des Desorganisationsproductes, in das die Zelle umgebende Wasser übergehen. Zu Gunsten dieser letzteren Auffassung, würde der bekanntlich gleichzeitig stattfindende osmotische Austritt von Proteinsubstanzen, mit den ihre Lösung bewirkenden Vehikeln, während der Quellung von Samen, sprechen. — Für die Richtigkeit dieser Auffassung, der zu Folge das veränderte Verhalten des Körnerplasmas mit dem Verlust seiner Lösungsmittel, die als Diffusate aus der Zelle austreten, in Zusammenhang gebracht wird und die, wie ich glaube, mit den gegenwärtig geltenden Anschauungen über die Eigenschaften

des in Betracht kommenden Proteinstoffes sich im Einklang befindet, kann ich nur einen indirecten Beweis erbringen. Dieser ergab sich mir aus dem Verhalten des in Wasser unlöslich gewordenen Körnerplasmas, gegen die muthmasslich ursprünglich vorhanden gewesenen, die Löslichkeit in Wasser bedingenden Agentien. Wurde nämlich dem am Objectträger befindlichen Wassertropfen, in welchem die Versuchsscheibchen nachträglich zerschnitten wurden, eine nur geringe Menge eines der beiden genannten Stoffe zugesetzt, so erfolgte in kürzester Zeit die Lösung des in geöffneten Zellen zurückgebliebenen Desorganisationsproductes, als auch in der Zusatzflüssigkeit freischwimmender Partikel desselben.

Auf das unlöslich gewordene Körnerplasma, welches sich in Zellen befindet, die beim nachträglichen Zerschneiden der Versuchsschnitte nicht geöffnet werden, äussern die genannten Agentien keine Wirkung, die, wenn durch dieselbe eine Lösung und schliesslich der Austritt derselben durch die Zellhaut zu Stande käme, sich doch dadurch bemerkbar machen müsste, dass an die Stelle des ursprünglichen desorganisirten Inhaltskörpers eine Flüssigkeit von der Beschaffenheit der ausserhalb der Zelle befindlichen treten würde. Ich muss also annehmen, dass allseitig geschlossene Zellen, deren Körnerplasma in den desorganisirten Zustand überführt wurde, alle Bedingungen in sich vereinigen, unter denen eine dialytische Spaltung der ursprünglichen Componenten des Körnerplasmas zu Stande kommen kann.

Für eine andere Kategorie von Proteinstoffen ist es bereits erwiesen, dass ihnen auf dialytischem Weg Salze entzogen werden können. Ja, es ist uns, wie sich dies aus den Versuchen Graham's und Aronstein's ergibt, in der Dialyse ein Mittel gegeben, Albuminlösungen im salzfreien Zustand zu erhalten. Bei den Diffusionsversuchen des letzteren Forschers dienten als Eiweisslösung: Blutserum von Rinderblut und Hühnereiweisslösungen.[1] Ich erachte es für gewiss, dass auch Versuche mit

[1] Vergleiche über die Resultate, zu denen Aronstein gelangte, das Referat im „Jahresbericht über die Fortschritte der Thier-Chemie“ hersg. vom R. Maly, 3. Bd., 1874, S. 14 ff.

Caseinlösungen ein ähnliches Resultat wie die der genannten Forscher ergeben müssten, vorausgesetzt, dass es uns gelingen könnte einen Dialysator zusammenzustellen, dessen dialysirende Membran, die für den in Betracht kommenden Zweck nöthige Beschaffenheit besitzen würde.

Aus Zellen, deren Körnerplasma im Zustand unvollständiger Desorganisation der Dialyse unterworfen wurde, lassen sich die Aleuronkörner mit Leichtigkeit isoliren. Gerathen durch das nachträgliche Zerschneiden der Versuchsschnitte grössere Klumpen des Körnerplasmas in die Zusatzflüssigkeit, so bewirkt das Verschieben des Deckglases oder das Herumrollen derselben ihren Zerfall. Dabei verschwindet die bereits gequollene Grundsubstanz, während die Aleuronkörner, wenigstens innerhalb der ersten halben Stunde nach dem Öffnen der Zelle, sich als durchaus unveränderliche Gebilde verhalten. Die Dialyse, welcher das unvollständig desorganisirte Körnerplasma unterworfen wird, vermag demnach nur die weitere Desorganisation der Aleuronkörner für eine kurze Zeit aufzuhalten, auf welche sich allein alle wahrnehmbaren, auf dem geänderten Verhalten gegen Wasser beruhenden Veränderungen beschränken, die jedoch in keinem Falle früher, als nach dem Öffnen der Zellen zu Stande kommen.

Wird das nachträgliche Öffnen der Zellen in Carminlösung vorgenommen, so erhält man die Aleuronkörner sofort als tingirte Gebilde zur Ansicht. (Fig. 6 *a.*)

Mit dem Verlust seiner Löslichkeit, hat jedoch das Aleuronkorn keineswegs die Fähigkeit zu weiteren Veränderungen eingebüsst. Verbleiben nämlich solche Aleuronkörner durch längere Zeit im Wasser oder in der Carminlösung — in welcher die Veränderungen mit grösserer Deutlichkeit verlaufen — so macht sich zunächst das Verschwinden der Vacuolen bemerkbar. An deren Stelle tritt eine körnige Substanz, aus der nun, wie aus der Fig. 6 *b* zu ersehen ist, das ganze Aleuronkorn besteht. Diese Veränderung der Structur des Aleuronkornes ist constant von einer Volumvergrösserung begleitet.

Als weitere Veränderung macht sich das Erscheinen einer hellen, farblosen, peripherischen Zone bemerkbar, die sich nach einiger Zeit auf Stellen von wechselnder Ausdehnung über den

rothen Kern zu erheben beginnt, so dass der letztere schliesslich innerhalb der hellen Zone eine peripherische Lage erhält. (Fig. 6 *c*.) Das Erscheinen der hellen Zone und die Gestalt, welche dieselbe bei länger andauernder Wassereinwirkung annimmt, sind theils durch die Anwesenheit des Hüllhäutchens, theils durch die Ansammlung eines Quellungsproductes, zwischen diesem und dem gefärbten Kern bedingt. Ob die in dem besagten Raum sich ansammelnde, die Dehnung des Hüllhäutchens bewirkende Substanz, die jedenfalls den Consistenzgrad einer Flüssigkeit besitzt, nur aus den peripherischen Schichten des Kernes oder aus seiner ganzen Masse hervorgeht, konnte ich nicht entscheiden, da das Erscheinen dieser Zone, weder eine auffällige Verringerung der Masse noch des Lichtbrechungsvermögens des Kernes zur Folge hat. Das Letztere dürfte wohl den geringen Gehalt an fester Substanz, der zwischen dem Hauthäutchen und der Oberfläche des Kernes zum Vorschein kommenden Schicht, ausser Zweifel stellen.

In einem gewissen Zeitpunkt wird nun das Hüllhäutchen, welches bis dahin der Volumvergrösserung der hellen Zone, durch passive Dehnung folgte, zerrissen. Dasselbe erscheint nun als ein faltiges, den gefärbten Kern zum Theil bedeckendes Säckchen (Fig. 6 *d*). — Der von seiner Hülle befreite, in Wasser unlösliche Kern, befindet sich in einem breiartig erweichten Zustand, welcher das Zusammenfliessen nach dem Abwerfen des Hüllhäutchens in unmittelbaren Contact gerathender Kerne gestattet. Aus diesem Grunde findet man in Zellen, die in Carminlösung geöffnet wurden, nach einiger Zeit an Stelle der vacuolisirten Aleuronkörner rothe, formlose, körnige Massen, zwischen welchen es oft die Hüllhäutchen aufzufinden gelingt.

Alle diese Veränderungen, deren die Aleuronkörner nach Erschöpfung des Zellinhaltes durch Wasser in Folge nachträglich stattfindender Isolirung in diesem fähig sind, verlaufen äusserst langsam. Bei manchen Aleuronkörnern erfolgt das Abwerfen des Hüllhäutchens erst nach 3 Stunden.

Ich will im Folgenden die Veränderungen, der dialytischen Wirkung unterworfener Aleuronkörner, nach ihrer Isolirung im Wasser, als die secundäre Desorganisation bezeichnen.

Die nach dem Abstreifen des Hüllhäutchens zurückbleibenden Kerne sind, wie die aus ihrer Verschmelzung hervorgehenden Massen, keiner weiteren Veränderung fähig; sie bestehen unzweifelhaft aus einer in Wasser unlöslichen Substanz. Aus dem Erscheinen der peripherischen, das Hüllhäutchen abhebenden Zone isolirter Aleuronkörner muss jedoch gefolgert werden, dass dieselben beim Beginn der secundären Desorganisation noch lösliche Antheile enthalten, deren Vorhandensein den Verlauf der secundären Desorganisation ursächlich bedingt. Im Grossen und Ganzen sind jedoch die Stoffe der letzteren Kategorie für das Verhalten des Aleuronkornes nicht massgebend, da die Menge der in Lösung übergehenden und nach dem Zerreissen des Hüllhäutchens sich mit der Zusatzflüssigkeit vermischenden Stoffe, im Verhältniss zur Masse des unlöslichen Rückstandes, als verschwindend klein bezeichnet werden muss.

Die Fähigkeit unvollständig desorganisirter Aleuronkörner nach gewissen Veränderungen, die ihre quantitative Zusammensetzung betreffen, im isolirten Zustand einer secundären Desorganisation zu unterliegen, ist ein weiterer Beleg für die von mir bereits ausgesprochene Ansicht, dass die Desorganisation der Aleuronkörner mit den in ihrer Substanz enthaltenen lösenden Vehikeln nichts zu schaffen habe. Es wäre, wenn wir noch länger an der Ansicht Pfeffer's, die schon der aus der Untersuchung gequollener Erbsen sich ergebende Befund widerlegt, festhalten wollten, unbegreiflich, warum kurze Zeit nach stillstehender Desorganisation, es erst des Öffnens der Zelle bedarf, um die Wirkung der vorhandenen lösenden Agentien auszulösen, wodurch das isolirte Aleuronkorn gewissermassen erst den Anstoss erhält, die ganze Scala der Desorganisationsgrade, die in Zellen mit vollständig desorganisirtem Körnerplasma früher zum Abschlusse gelangt, zu durchlaufen. Würden ferner so schlagende Verschiedenheiten im Verhalten der Aleuronkörner eines Schnittes, nur aus einem Mehr oder Weniger der in den ersteren enthaltenen lösenden Agentien resultiren, so müsste jedes unvollständig desorganisirte Aleuronkorn wegen seines geringen Gehaltes an lösenden Stoffen, von dem Zeitpunkt an, in welchem die centrale Vacuole erschienen ist, nach dem Öffnen

der Zelle, vorausgesetzt, dass noch keine Veränderungen in Folge der Dialyse erfolgt sind, sich nicht weiter verändern. Wir sehen vielmehr, dass das unvollständig desorganisirte Aleuronkorn trotz seines Gehaltes an lösenden Stoffen, innerhalb der Zelle sich diesen gegenüber, als unlöslicher Körper verhält. Dorauf habe ich schon bei der Besprechung des Verhaltens der Aleuronkörner im Quellungsstadium hingewiesen. Für massgebend kann ich die Anwesenheit durch Dialyse entziehbarer, die Lösung bewirkender Stoffe für das Verhalten der Aleuronkörner erst dann betrachten, wenn die letzteren einen höheren Desorganisationsgrad erreichten, als es derjenige ist, in welchem sich das Aleuronkorn des unvollständigen desorganisirten Körnerplasmas befindet. Wenn sich diese unter Verhältnissen befinden, die ihre auf weiterer Quellung beruhende Desorganisation zu verhindern vermögen — dies ist in gewissen Fällen innerhalb geschlossener Zellen thatsächlich der Fall — so entfallen für die noch vorhandenen lösenden Vehikel die Bedingungen, unter denen sie in Action treten könnten. So ist das Aleuronkorn durch den Rest der demselben noch innewohnenden Organisation, der Wirkung von Agentien entrückt, die ihren Einfluss in einem späteren Desorganisationsstadium geltend machen. — Das Gegensätzliche der Ansicht Pfeffer's über die Beziehungen der lösenden Agentien zu den Veränderungen, denen die Aleuronkörner unter bestimmten Umständen unterliegen und der meinigen, liegt nun darin, dass Pfeffer die Desorganisation in directen Zusammenhang mit den die Lösung vermittelnden Stoffen bringt, während ich, in den so eben mitgetheilten Erscheinungen, eine weitere Stütze für die bereits in der ersten Abhandlung ausgesprochene Schlussfolgerung finde: dass die Lösung der Aleuronkörner den bereits desorganisirten Zustand derselben voraussetzt. Damit will ich jedoch nicht gesagt haben, dass das unveränderte organisirte Aleuronkorn im wasserimbibirten Zustand von einer Lösung der besagten Stoffe durchdrungen wird, die ihre Wirkung erst in dem Augenblick zu äussern beginnt, in welchem die Veränderungen des Aleuronkornes, die bereits bekannte äussere Bedingungen voraussetzen, einen höheren Grad erreichen. Dies würde die petitio principii in sich einschliessen, dass der organisirte Zustand einer Materie

auch deren chemische Eigenschaften zu modificiren vermöge. Dem würde auch das in der ersten Abhandlung bereits beschriebene Verhalten, der noch gar nicht veränderten Aleuronkörner, gegen phosphorsaures Kali und Kali widersprechen. Ich erachte es vielmehr für wahrscheinlich, dass die lösenden Vehikel in einer complexen Verbindung mit anderen Stoffen in der Substanz der Aleuronkörner an dem molecularen Aufbau der letzteren theilnehmen, und so lange während der fortschreitenden Desorganisation festgehalten werden, bis diese nicht einen bestimmten Grad erreicht hat.

Das innerhalb einer geschlossenen Zellhaut dialysirte, unvollständig desorganisirte Körnerplasma enthält Aleuronkörner, welche in noch einer anderen Beziehung sich wesentlich verschieden verhalten. Es ist die leichte Gerinnbarkeit derselben in Alkohol, wodurch das vacuolisirte Aleuronkorn die Eigenschaften eines in Wasser vollkommen unlöslichen und unveränderlichen Körpers erlangt. In dieser Beziehung besteht zwischen dem unveränderten Aleuronkorn und dem, durch die Dialyse seiner Löslichkeit verlustig gewordenen, ein tief eingreifender Unterschied. Bei Gegenwart der lösenden Vehikel, vermag selbst die tagelang fortgesetzte Einwirkung des Alkohols an den Eigenschaften der Aleuronkörner Nichts zu ändern, ja nicht einmal den Verlauf der Desorganisation, in Folge nachträglich stattfindender Einwirkung des Wassers zu modificiren. Für Aleuronkörner, die durch länger andauernde Wassereinwirkung ihre Löslichkeit bereits eingebüsst haben, genügt zur Überführung in den geronnenen Zustand eine so kurze andauernde Einwirkung des Alkohols, dass, wie ich glaube, in dieser Beziehung zwischen dem veränderten Aleuronkorn und dem Plasmakörper oder Zellkern einer lebensthätigen Zelle, kein Unterschied besteht. Ich erhielt in der Regel die Aleuronkörner meiner dicken Versuchsschnitte, nachdem die Einwirkung des absoluten Alkohols etwa 10 Minuten gedauert hatte, in bereits geronnenem Zustand zur Untersuchung.

Das vollständig desorganisirte, dialysirte Körnerplasma erlangt ferner durch die Einwirkung des Alkohols auf die Versuchsschnitte den ganzen

Complex von Eigenschaften, welchen das Körnerplasma von ähnlicher Beschaffenheit, in den Vollzellen der Alkoholpräparate, aus den durch die Keimung erschöpften Cotyledonen besitzt. Es ist somit der Verlust der lösenden Vehikel, den die Vollzellen als Bestandtheile eines mit Wasser durchtränkten Gewebes erleiden und ferner die Behandlung mit Alkohol, durch welche so auffällige Veränderungen des Verhaltens, der durch die Desorganisation entstehenden Masse zu Stande kommen. — Daraus ergibt sich, dass die Vollzellen, welche nach ihrer Constituirung keine wahrnehmbaren auf Resorption ihrer Reservestoffe beruhende Veränderungen erkennen lassen, dennoch Stoffe abgeben, die in lebensthätigen Zellen der Cotyledonen einer weiteren Verwendung fähig sind. Wenigstens erachte ich es für erwiesen, dass wenn überhaupt die Löslichkeit des Körnerplasmas von seinem Gehalt an phosphorsaurem Kali und Kali abhängt, diese im vollständig desorganisirten Körnerplasma der Vollzellen nicht enthalten sein können.

In welchem Aggregatzustand durch die Einwirkung des Alkohols geronnene Aleuronkörner der Erbse sich befinden mögen, kann der Kleinheit des Objectes wegen nicht direkt erschlossen werden. Aus gleich zu erörternden Gründen glaube ich jedoch annehmen zu müssen, dass derselbe von dem eines starren Körpers nicht differiren könne. Die Grundsubstanz des dialysirten unvollständig desorganisirten Körnerplasmas, erleidet nämlich durch die Behandlung mit Alkohol keinerlei Veränderungen, auch wird durch diese der bereits begonnene Zerfall derselben nicht aufgehalten. Aus diesem Grunde gelingt es, durch das nachträgliche Zerschneiden der Zellen im Wasser oder Carminlösung, die geronnenen, vacuolisirten, in letzterem Falle sich sofort tingirenden Aleuronkörner, in Menge zu isoliren. Dabei findet jedoch nicht nur ein zufälliges Lostrennen oder Herausfallen der Aleuronkörner aus ihren Alveolen im Körnerplasma statt, sondern ein thatsächlicher Zerfall des letzteren, in Folge der unaufhaltsam weiter fortschreitenden Lösung der Grundsubstanz. Mit Rücksicht darauf ist das Verhalten des vollständig desorganisirten Körnerplasmas, nach

Entziehung der unter Umständen seine Lösung bewirkenden Stoffe gegen Alkohol nur dadurch erklärlich, dass bei der Desorganisation eine gegenseitige vollständige Durchdringung der nicht gerinnbaren Grundmasse mit der Substanz der Aleuronkörner zu Stande kommt, welche letztere nun für das weitere Verhalten, des aus der Vermischung beider Substanzen hervorgehenden Körpers bestimmend ist. Ich schliesse daraus, dass die geronnenen vacuolisirten Aleuronkörner dieselben Eigenschaften in physikalischer Beziehung, wenn nicht in einem noch höheren Grad, besitzen müssen, welche diese nach ihrer Vermischung mit der Grundsubstanz, dem ganzen Körnerplasma zu ertheilen vermögen. — Es liegt aber noch ein anderer Grund für die Schlussfolgerung vor, dass für die Eigenschaften des vollständig desorganisirten Körnerplasmas, die gegenseitige Durchdringung der Grundmasse mit der, in dieser sich vertheilenden Substanz der Aleuronkörner massgebend ist. Die Grundmasse ist nämlich bei der Behandlung mit Carminlösung nicht im Geringsten tinctionsfähig, während die vacuolisirten Aleuronkörner derselben Vollzellen unter allen Umständen diesen Farbstoff aufspeichern. Daraus ist nun zu ersehen, dass das vollständig desorganisirte Körnerplasma, die eminente Fähigkeit Farbstoffe in seiner Masse durch bekannte accumulative Wirkung anzuhäufen und in dieser unlöslich zu fixiren, einzig und allein nur Stoffen verdankt, die ursprünglich zum Aufbau der Aleuronkörner dienten, und die sich erst in Folge der Desorganisation, in der Grundmasse bis zur vollständigen Durchdringung beider vertheilt haben.

Das dialytischer Veränderungen in einem höheren Grade fähige Körnerplasma, erscheint innerhalb der unverletzten Zellen der dicken Versuchsschnitte, nach Massgabe seines Desorganisationsgrades in zwei distincten Formen. Es ist demnach die Fähigkeit des vollständig desorganisirten oder vacuolisirte Aleuronkörner enthaltenden Körnerplasmas, durch einen aus der eingeleiteten Dialyse resultirenden Verlust gewisser Stoffe, bestimmten Veränderung zu unterliegen, nicht durch den Grad der Desorganisation bedingt, welchen dasselbe während der Dialyse inne hat. Die Erwägung der Thatsache, dass die lösen-

den Vehikel bei der Quellung der Erbsen im Wasser, in das letztere zum Theil übergehen, würde sogar zur Schlussfolgerung berechtigen, dass die Substanz der Aleuronkörner unter allen Umständen, mögen sie nun als organisirte Gebilde in Zellen des quellenden Samens, oder als vacuolisirte Inhaltskörper im Körnerplasma nach begonnener Desorganisation auftreten, oder nach vollendeter Desorganisation zur Bildung der die Zellen erfüllenden Emulsion beigetragen haben, durch die Einwirkung von Wasser, eine durch Dialyse zu Stande kommende Abspaltung lösender Vehikel erleiden kann.

Das Resultat der dialytischen Veränderungen ist jedoch wenigstens für die zwei ersten, der directen Untersuchung zugänglichen Fälle, gradweise verschieden. Und zwar tritt das Aleuronkorn einer gequollenen Erbse, uns als ein Gebilde von wesentlich denselben Eigenschaften entgegen, wie das eines Schnittes, welcher erst am Objectträger Wasser imbibirte. Durch die Quellung erscheint weder die Löslichkeit, noch das Verhalten gegen Alkohol im Geringsten modificirt. Durch die Quellung in reinem Wasser gelingt es weder Aleuronkörner unlöslich zu machen, noch ihnen die Fähigkeit zu ertheilen in Alkohol zu gerinnen. Diese letzteren zwei, durch die Dialyse zu bewirkenden sich gegenseitig bedingenden Veränderungen haben den bereits desorganisirten Zustand zur nothwendigen Voraussetzung. Daraus könnte nun der Schluss gezogen werden, dass die Organisation, welche das Aleuronkorn bereits im Quellungsstadium inne hat, den Veränderungen, welchen desorganisirte Aleuronkörner unter analogen Verhältnissen unterliegen, hindernd entgegentrit, dass ferner die quantitative Einbusse an löslichen Stoffen in Folge der Wassereinwirkung, sich innerhalb Grenzen bewege, für welche der jeweilige Desorganisationsgrad direct bestimmend ist. Auf dem Verlust der Löslichkeit, und der erlangten Gerinnungsfähigkeit beruhende stoffliche Veränderungen des Aleuronkornes, setzen Bedingungen voraus, die in den Aleuronkörnern während der Quellung der Erbsen nie realisirt sind. Und so ist der negative Erfolg, welchen die Härtungsprocedur gequollener Erbsen in Alkohol ergibt, der indirecte Beweis für die Richtigkeit des durch directe Beobachtung constatirten Befundes, dass das

Aleuronkorn der Erbse in Folge der Quellung nicht einmal diesen Grad von Veränderung erleidet, welcher, bei der in einem Schnitte sich vollziehenden Wasseraufnahme, als der relativ geringste angesehen werden muss.

Über das Verhalten der unvollständig desorganisirten Aleuronkörner, die im erschöpften Zustande der Cotyledonen in manchen Vollzellen enthalten sind, die also der Einwirkung des Imbitionswassers des Gewebes während der ganzen Dauer der Keimung ausgesetzt waren, habe ich keinerlei genug einlässliche Beobachtungen gesammelt. Ich kann in dieser Beziehung nur so viel angeben, dass die besagten Aleuronkörner, geöffneter Zellen, in verdünntem Glycerin eingeschlossener tingirter Präparate, nach Wochen in einem ganz unveränderten Zustande befunden wurden. Es hat also den Anschein, dass eine sehr lang fortgesetzte Wassereinwirkung noch tiefer eingreifende Veränderungen in der Beschaffenheit der Substanz der Aleuronkörner bewirkt, als es diejenigen sind, deren Zustandekommen für das Verhalten derselben bei der secundären Desorganisation massgebend ist.

Selbst die relativ kurz andauernde Wassereinwirkung, der ich meine Versuchsschnitte unterwarf, bedingt Veränderungen, die sich nicht allein auf die Aleuronkörner erstrecken; denn es werden durch diese sowohl die Hüllhäutchen, als auch die in nicht geringem Grade für die Wassereinwirkung empfindlichen Hautschichtsäcke, gegen diese resistent. In letzterer Beziehung besteht zwischen den Hautschichtsäcken, während der Keimung entstandener Vollzellen und der, durch Wassereinwirkung veränderten Versuchsschnitte, die vollkommenste Übereinstimmung.

Die Gerinnbarkeit unlöslich gemachter Aleuronkörner der Erbse in Alkohol, ferner ihre Fähigkeit, sich in Folge nachträglicher Isolirung im Wasser zu verändern, ist von den Mitteln, die angewandt wurden, um den Aleuronkörnern der lösenden Vehikel zu entziehen, ganz unabhängig. Es gelingt nämlich vacuolisirte Aleuronkörner des unvollständig desorganisirten Körnerplasmas der Erbse noch viel rascher, als bei Anwendung reinen Wassers, unlöslich zu machen, ohne dass ihnen dadurch die Fähigkeit zu weiteren Veränderungen in Folge nachträglicher Isolirung benommen würde, wenn man die Versuchsschnitte der Einwirkung

von Wasser aussetzt, welches einen geringen Zusatz von Schwefelsäure enthält. Ich habe darauf bereits in meiner ersten Abhandlung hingewiesen, wo ich auch nachgewiesen zu haben glaube, dass mit Pfeffer'schem Gemische behandelte Aleuronkörner der Erbse nicht nur unlöslich gemacht, sondern auch in den geronnenen Zustand überführt sind.

Mit Rücksicht darauf, kann ich die von Pfeffer befolgte Methode, wenn es darauf ankommt, das Verhalten der Aleuronkörner nach Entziehung lösender Agentien zu studiren, keineswegs als eine solche bezeichnen, deren Anwendung richtige Resultate in Aussicht stellen könnte. Dies ist, wie es aus dem bereits Vorgebrachten erhellt, nur dann zu erreichen, wenn bei der Entziehung lösender Vehikel alle Umstände ferngehalten werden, unter denen eine Gerinnung der Substanz der Aleuronkörner zu Stande kommen könnte. Und dazu gehört vor Allem, die Ausschliessung des Alkohols, dessen Anwendung unter den von Pfeffer angegebenen Modalitäten, nur durch die übrigens ganz unrichtige Annahme zu rechtfertigen wäre, dass Wasser unter allen Verhältnissen seinen desorganisirenden Einfluss geltend macht. Ich habe in dem von mir befolgten und bereits angegebenen, auf Aufquellen ganzer Erbsen in schwefelsäurehaltigem Wasser beruhenden Verfahren, den Eigenthümlichkeiten der Aleuronkörner dieses Objectes nach dem Verluste lösender Vehikel Rechnung getragen. Ich hege die Hoffnung, dass diese Methode auch beim Studium des differenzirten, aber nicht vitalen Plasmas der Reservestoffbehälter anderer Samen, sich als zweckmässig erweisen wird, insoweit es vielleicht durch diese gelingen könnte, die Beziehungen der lösenden Vehikel zur Desorganisation der Aleuronkörner, mit Rücksicht auf andere Untersuchungsobjecte sicher zu stellen.

Die Farbstoffaufnahme im desorganisirten Körnerplasma.

Ich hatte bei Anwendung des Tinctionsverfahrens, welches mir bei der Beurtheilung der Löslichkeitsverhältnisse, des durch andauernde Wassereinwirkung veränderten Körnerplasmas nicht unwesentliche Dienste geleistet hat, hinreichende Gelegenheit einige Beobachtungen, über das Verhalten des Protoplasmas

unseres Objectes gegen Carminlösung zu sammeln. Von diesen will ich die Folgenden hier in Kürze zusammenstellen.

Die peripherischen Hautschichten und die Hautschichtsäcke sind unter allen Umständen, in ihrem Verhalten gegen Carmin als vollkommen indifferente Theile des Plasmas anzusehen; sie erscheinen selbst nach der intensivsten Tinction des Körnerplasmas, als helle farblose Säume.

Wird ein Schnitt aus einer gequollenen Erbse, der geschlossene Zellen enthält, in verdünnte Carminlösung gebracht, so ist oft nach mehrstündigem Verbleiben in der Farbstofflösung, in den unverletzten Zellen desselben, von einer Tinction des Körnerplasmas nicht das Geringste wahrzunehmen. Dieses Verhalten ist um so auffallender, als das vollständig desorganisirte Körnerplasma, respective die vacuolisirten Aleuronkörner, in hohem Grade tinctionsfähig sind. Das Letztere ergibt sich einerseits, aus der wegen fortschreitender Lösung schnell verblassenden Tinction der Residuen des Körnerplasmas geöffneter Zellen oder freiliegender Fragmente desselben, anderseits aus der rapid verlaufenden Tinction, des durch Dialyse unlöslich gewordenen vollständig desorganisirten Körnerplasmas und der vacuolisirten Aleuronkörner, wenn die Carminlösung nach Öffnen der Zellen mit dem Inhalte in unmittelbaren Contact geräth.

Die Annahme, dass die peripherische Hautschicht zwar für den Farbstoff permeabel sei, diesen jedoch analog wie die Zellhaut nicht aufspeichert, ist mit Rücksicht auf das Vorstehende absolut unannehmbar; sie müsste dahin modificirt werden, dass die peripherische Umkleidung wenigstens in einer Schichte für die Molecüle des Farbstoffes impermeabel sei, in keiner jedoch das für das Körnerplasma so eminente Tinctionsvermögen besitze. Dies ist jedoch keineswegs die einzige Möglichkeit, welche sich zur Erklärung des besagten Verhaltens darbietet, denn es ist a priori denkbar, dass die peripherische Hautschichte in allen Schichten, also in ihrer ganzen Dicke, vermöge ihres micellaren Baues für die Farbstofflösung unwegsam sei und dass dieselbe erst in Folge nachträglicher Veränderungen in der Substanz der hyalinen Umkleidung, in das Körnerplasme gelange. Wäre dies richtig, so könnte diese hyaline Grenzzone in Betreff ihres physikalischen Verhaltens, als eine mit Pfeffer's Plasmahaut-

oder Membran — der diosmotisch bestimmenden Schicht seines Hyaloplasmas — identische Schicht angesehen werden.[1]

Wie ist jedoch das nach einiger Zeit dennoch stattfindende Eindringen der Farbstofflösung in das Körnerplasma zu erklären? — Wir wissen bereits, dass die Zellen innerhalb welcher die Desorganisation des Körnerplasmas erfolgt, gleichzeitig eine Volumvergrösserung erfahren und dass dabei die peripherische Hautschicht, vermöge ihrer eigenen Imbitionskraft der Zellhaut Schritt für Schritt folgt dieser dicht angeschmiegt bleibend. Es wäre nun denkbar, dass die Tinctionsflüssigkeit in das Körnerplasma durch kleine, während der Quellung der peripherischen Hautschicht in dieser entstandene Risse eindringt, dass also für das Zustandekommen der Tinction analoge Verhältnisse massgebend sind, wie in einigen von Pfeffer beobachteten Fällen.[2]

Eine andere Möglichkeit wäre aber die, dass die physikalischen Eigenschaften der peripherischen Hautschicht sich eben erst in Folge ihrer Quellung verändern. Denn während derselben muss sich ja die ursprüngliche Entfernung zwischen den Micellen der hyalinen Zone, nach Massgabe der zu Stande gekommenen Volumzunahme nothwendig vergrössern. Es wäre daher auch dies möglich und wahrscheinlich, dass die peripherische Hautschicht nach Abschluss der Quellung eine Beschaffenheit besitzt, die den Durchgang der Moleküle des Farbstoffes in das Körnerplasma ermöglicht, ohne dass gröbere Risse in der ersteren vorhanden wären.

Meine eigenen bisherigen Beobachtungen, sind noch nicht bis zu dem Punkte gediehen, als dass ich zwischen den beiden angedeuteten Möglichkeiten entscheiden könnte. Ich muss desshalb, die auf das diosmotische Verhalten der peripherischen Hautschicht Bezug habenden Fragen, mit dem Hinweis auf die beiden vorgebrachten Möglichkeiten dahingestellt sein lassen.

Die Cysten des erschöpften Parenchyms.

Die folgenden Angaben beziehen sich zum grössten Theil auf den ganz erschöpften Zustand im Lichte ausgekeimter Erbsen,

---

[1] Pfeffer, Osmotische Untersuchungen 1877, S. 123.

[2] L. c. p. 123.

an welchen Objecten ich Vorkommnisse dieser Art zuerst kennen lernte. Von entwickelungsgeschichtlichen Gesichtspunkten aus, habe ich diesen Gegenstand nicht eingehend genug bearbeitet, so dass ich selbst Bedenken tragen musste das Wenige, was ich als sicher beobachtete Thatsache in dieser Beziehung hinstellen kann, an dieser Stelle mit dem, den fertigen Zustand dieser Gebilde betreffenden Detail mitzubehandeln. Aus demselben Grunde konnte auch mein Versuch aus einer Reihe von Einzelfällen die Entwickelungsgeschichte bisher nicht beobachteter Gebilde zu abstrahiren, nicht anders als lückenhaft ausfallen, zumal deren Entstehungsweise in bekannten Gestaltungsvorgängen innerhalb der Zelle keine Analogie hat. Ich lege desshalb denselben mit aller Reserve, als noch unfertigen Bericht über eine nicht uninteressante biologische Eigenthümlichkeit der keimenden Erbse, meinen Fachgenossen vor.

Die Cysten enthaltenden Zellen der von mir untersuchten Cotyledonen, befanden sich oft, in Betreff des Gehaltes an plasmatischer Substanz, in dem höchsten Zustande der Erschöpfung. Dieser ist durch den Mangel eines continuirlichen Wandbeleges gekennzeichnet. Oft sind nicht einmal Rudimente eines solchen vorhanden, selbst dort nicht, wo man sie am ehesten noch vermuthen könnte. Dies sind die Punkte, auf welchen sich die Cyste der Zellhaut ansetzt, da man meinen könnte, dass vielleicht irgend welche Überreste des früher als Wandbeleg auftretenden Protoplasmakörpers nach Abschluss der Resorption dazu dienen, um die mitunter sehr voluminöse Cyste an die Zellhaut zu befestigen. Die Stärkecysten enthaltenden Zellen haben übrigens, bis sie in den Zustand gelangen in dem dieselben uns als weiter nicht veränderungsfähige Zellelemente des erschöpften Parenchyms entgegentreten, eine Reihe ganz analoger Veränderungen wie Zellen, in denen eine Encystirung von Stärkekörnern nicht erfolgte, durchzumachen. So findet man häufig genug Stärkecysten enthaltende Zellen, in denen ein continuirlicher, von der Zellhaut auf die, in das Lumen der Zelle vorspringende Oberfläche der Cyste übergehender Wandbeleg und ein in diesem steckender

Kern deutlich nachweisbar ist. Den Kern sah ich häufig in dem, über die freie Oberfläche der Cyste gespannten Theile des Wandbeleges. (Fig. 7, 8.) Es erscheint also bis zu einem gewissen Zeitpunkt die Cyste zwischen den Wandbeleg und die Zellhaut hineingeschoben. Hier will ich noch bemerken, dass der Wandbeleg der Cyste sehr fest adhärirt, da eine Ablösung desselben von den freien Oberflächen des in die Zelle hineinragenden Neugebildes, durch Anwendung bekannter Mittel nie gelingt.

Die Gegenwart der Cyste, deren Entstehung in einem relativ früheren Zeitpunkt erfolgt, influirt keineswegs auf den Modus der Resorption der Reservestoffe und es bleibt der Einfluss derselben bei einer vollständigen Encystirung, nur auf das eingeschlossene Stärkekorn beschränkt. In diesem Falle ist das Letztere vor Auflösung mehr oder weniger geschützt. Diese Ungleichheiten sind dafür bestimmend, ob der Hohlraum der Cyste ganz oder nur zum Theile von dem eingeschlossenen Stärkekorn ausgefüllt wird.

Die Cysten treten in zwei Hauptformen auf, je nachdem dieselben um die Stärkekörner eine allseitig geschlossene Hülle bilden oder nicht. Cysten der letzteren Art erscheinen gewöhnlich als dem Stärkekorn einseitig angelagerte Neugebilde von schüsselförmiger Form, welche nur einen Theil der Oberfläche des Stärkekornes bedecken. Wir können daher im Allgemeinen eine vollständige und unvollständige Encystirung unterscheiden. — Im Folgenden will ich zunächst nur auf die vollständige Encystirung Rücksicht nehmen.

Die Dimensionen der Cysten sind ausserordentlich schwankend.

Dünne Cysten erscheinen auf dem optischen Querschnitt von parallelen, concentrischen Contouren begrenzt. Bei grösserer Masse sind die Cysten in der Regel ungleichmässig verdickt. — Die Fig. 7—16, bringen einige der prägnanteren Formen der Kapseln zur Anschauung, die jedoch bei Weitem nicht alle von mir beobachteten Formen derselben erschöpfen.

In der Mehrzahl der Fälle scheint wenigstens bei Betrachtung unter schwacher Vergrösserung, die Kapsel der Oberfläche des eingeschlossenen Stärkekornes dicht anzuliegen, so dass man auf den ersten Anblick meinen könnte, dass die Substanz

der Kapsel direct in die des Stärkekornes übergeht. Dass die Substanz der Cyste der Oberfläche des Stärkekornes nur aufgelagert ist, ergibt sich sofort aus der Betrachtung solcher dem Stärkekorn dicht anliegender Hüllen unter starker Vergrösserung. In diesem Falle markirt sich die Grenze zwischen der Cyste und der Kapsel durch einen deutlichen dunklen Contour, welcher, wie aus Fig. 15 zu ersehen ist, sich hier und da zu schmalen Spalten erweitert. Ob die Letzteren schon ursprünglich vorhanden waren, oder erst in Folge einer geringen Schrumpfung der Cystensubstanz, durch die Einwirkung des zur Härtung der Cotyledonen angewandten Alkohols entstanden sind, will ich dahingestellt sein lassen.

Musste schon die Anwesenheit spaltenförmiger Erweiterungen des Grenzcontours zur Schlussfolgerung führen, dass zwischen der Substanz der Kapsel und des Stärkekornes keine Continuität besteht, so wurde dies zur Gewissheit, als es mir Kapseln aufzufinden gelang, deren innere Peripherie von der Oberfläche des eingeschlossenen Stärkekornes, durch einen deutlich wahrnehmbaren Zwischenraum getrennt war, in welchen Fällen das Stärkekorn den von der Kapsel gebildeten Hohlraum nur zum Theile ausfüllte. Derartige Vorkommnisse sind in den Fig. 9, 11 und 12 abgebildet. Der in Fig. 11 abgebildete Fall ist insofern von Interesse, als hier auf der inneren Oberfläche der Kapsel leistenförmige, treppenartig über einander gestellte Verdickungen zur Ausbildung gelangten.

Die Substanz der Kapsel ist entweder farblos, oder mit dem desorganisirten Plasma der Vollzellen und den intercellularen Secreten übereinstimmend g e l b gefärbt.

Dieser gelbe Farbstoff ist ebenso wie der des Plasmas der Vollzellen und der gefärbten Secrete in Alkohol unlöslich.

Eine optische Differenzirung lässt die farblose oder gelb gefärbte Masse der Kapsel nur scheinbar erkennen, und dies insoferne, als man namentlich unter stärkerer Vergrösserung, eine, die Masse der Cyste gegen den in derselben befindlichen Hohlraum, abgrenzende dichte Schichte zu sehen glaubt. Mit grösster Deutlichkeit tritt diese Erscheinung an Cysten hervor, deren Lumen von dem Stärkekorn, nicht vollständig ausgefüllt wird. Anfänglich, als ich diese Erscheinung kennen lernte, glaubte

ich sie mit einer Structurdifferenzirung in Zusammenhang bringen zu müssen. Dies hat sich später als unrichtig herausgestellt, da ich mich überzeugte, dass diese Begrenzung durch Interferenz an der inneren Oberfläche bedingt ist.

In physikalischer Beziehung ist die Substanz der Cyste nicht unerheblich von der des Stärkekornes verschieden, da es durch stärkeren Druck oft gelingt, das Stärkekorn innerhalb seiner unversehrten Hülle zu zertrümmern. Dasselbe ereignet sich häufig bei den, mit der Anfertigung und Beschickung der Präparate verbundenen Manipulationen. Das Letztere war bei der in Fig. 9 abgebildeten Cyste der Fall. — Durch stärkeren Druck gelingt es auch die Cysten zu sprengen, welche dabei in scharfkantige Trümmer zerfallen. Die Cyste ist demnach aus einer, der Trennung ihrer Theile einen höheren Widerstand, als die Stärkekörner entgegensetzenden Substanz gebildet. Dies ist sowohl bei in Wasser aus frischem Materiale zur Untersuchung gebrachten Kapseln, als bei denen der Alkoholpräparate der Fall, welche letzteren in Betreff des Aggregatzustandes in keiner erheblichen Weise von frischen differiren. Ich bemerke dies ausdrücklich, um dem Einwurfe zu begegnen, als hätte ich ursprünglich weiche, schleim- oder breiartige den Stärkekörnern aufgelagerte Massen, die durch den Härtungsprocess in Alkohol, etwa durch Gerinnung oder Wasserentziehung eine Veränderung ihres Aggregatzustandes erlitten haben, aus fester Substanz bestehend beschrieben, und auf diese Weise veränderte Inhaltskörper und Artefacte, als ursprünglich vorhanden angesehen.

Durch die Einwirkung von Alkohol, ferner durch Trocknen, erleidet die Cyste keine bemerkbare Volumverminderung. — In Alkohol lösliche Stoffe dürften sich in der Kapsel kaum vorfinden; auch der Gehalt an Imbitionswasser, dürfte in diesen jedenfalls ein nur sehr minimaler sein.

Im polarisirten Licht erwiesen sich die Cysten, als aus isotroper Substanz bestehende Körper.

Zu den Untersuchungen über die Genese der in Rede stehenden Gebilde, deren nach lange nicht abgeschlossenem Resultate eben hinreichten, um mich im Allgemeinen über einige die Entwickelungsverhältnisse betreffenden Punkte zu orientiren,

wurden ausschliesslich nur in Alkohol gehärtete Cotyledonen angewandt.

Die Entstehung der Kapseln greift auf ein sehr frühes Keimungsstadium zurück und ich glaube Zellen gesehen zu haben, die bereits eingekapselte Stärkekörner enthielten, bevor noch die Auflösung der centralen Peripherie des Körnerplasmas, zum Zwecke der Bildung des Zellsaftes, erheblich vorgeschritten war.

Die Untersuchung von Cotyledonen, in deren Zellen der innere Theil des Körnerplasmas bereits durch einen Zellsaft ersetzt ist zeigt ohne Weiteres, dass sich die Encystirung gewisser Stärkekörner ausschliesslich nur auf Zellen beschränkt, deren Reservenahrungsstoffen für die Ernährung der jungen Keimpflanze herangezogen werden. Diese Thatsache habe ich ausnahmslos constatirt, und ich kann aus diesem Grunde das Vorkommen encystirter Stärkekörner in Zellen, die durch die beginnende Erschöpfung die bereits erwähnten Veränderungen in ihrem Körnerplasma erfahren, als eines ihrer hervorstechendsten biologischen Merkmale bezeichnen. In Zellen, die sich im erschöpften Parenchyme als Vollzellen constituiren, und die mit ihrem ganzen Gehalt an Reservenahrungsstoffen in den Dauerzustand übergehen, habe ich mich vergebens bemüht, in Cysten eingeschlossene Stärkekörner aufzufinden.

Von den in sich erschöpfenden Zellen befindlichen Stärkekörnern ist es in der Regel nur ein einziges, welches encystirt wird. Mehr als drei Stärkekörner habe ich nie, innerhalb einer Zelle im encystirten Zustande gefunden. Es sind aber in allen Fällen, nur gewisse Stärkekörner, welche durch die Encystirung vor der Einwirkung des Zellsaftes geschützt werden und zwar immer nur solche, die mit ihrem Hautschichtsacke der peripherischen Hautschicht anhängen, also diejenigen, welche durch ihre Lagerung im Körnerplasma der Zellhaut am nächsten gerückt und von der letzteren, nur durch die hyaline Umkleidung des Protoplasmakörpers getrennt sind. Eine Einkapselung von der Peripherie des Protoplasmakörpers durch Aleuronkörnerschichten getrennter Stärkekörner, deren Hautschichtsack demnach zu der peripherischen Umkleidung in keinerlei Beziehungen tritt, findet in keinem Falle statt. Dies ist eine Thatsache, auf

welche jeder Erklärungsversuch der Vorgänge, auf denen die Encystirung beruht Rücksicht zu nehmen hat.

In genetischer Beziehung ist die Cyste ein Neugebilde, welches durch Auflagerung auf die Oberfläche des zu encystirenden Stärkekornes hervorgeht und in dem Masse als es selbst an Volum zunimmt, den Hautschichtsack von der Oberfläche des Stärkekornes abhebt. Ob die Volumvergrösserung des Hautschichtsackes durch passive Dehnung, Quellung oder Wachsthum zu Stande kommt, konnte ich direct nicht entscheiden.

Dies ist das Résumé der Resultate, meiner auf die ersten Entwickelungszustände gerichteten Untersuchungen, welche, wie es die Natur des Objectes mit sich bringt, mit fast unüberwindlichen Schwierigkeiten verbunden sind.

Die Letzteren ergeben sich daraus, dass für das Studium der angegebenen Verhältnisse möglichst dünne Schnitte erforderlich sind, denn nur in solchen ist die einen genauen Einblick so sehr erschwerende Anwesenheit der Aleuronkörner, zum Theile eliminirt. Eine andere Schwierigkeit ergibt sich daraus, dass die Cotyledonen auch nach der sorgfältigsten Entwässerung doch nur zum geringsten Theile jene Eigenschaften erlangen, welche die Anfertigung von Präparaten aus trockenen Erbsen, die das Auftreten der hyalinen Umkleidungen des Protoplasmakörpers deutlich zeigen, so wesentlich erleichtern. In letzterem Falle sind die Stärkekörner in die Alveolen des fast hornartigen Körnerplasmas eingebettet, und es gehört kein besonderer Aufwand von Geduld dazu, um in einem Schnitt die Lagerung in ihrem Hautschichtsacke steckender peripherischer Stärkekörner mit Deutlichkeit zur Anschauung zu bringen. Viel schwieriger ist das nach der Entwässerung zu erreichen. Hier sind die Stärkekörner einer Masse eingelagert, die ihrer Beschaffenheit nach nichts weniger als geeignet ist, diese in ihrer Lage während der Schnittführung zu fixiren, es werden vielmehr diese aus ihren Alveolen herausgehoben, so dass es nur zufällig gelingt, in Hautschichtsäcken steckende und sammt diesen durchschnittene Stärkekörner zur Ansicht zu erhalten und sich Gewissheit über die in Fig. 17 dargestellten Verhältnisse zu verschaffen. Der betreffende

Schnitt wurde einem in essigsäurehaltigem Alkohol gehärteten Cotyledon entnommen. Die Resorption des Körnerplasmas der betreffenden Zelle war eine noch sehr unerhebliche. Die Untersuchung geschah in Glycerin, welches ebenfalls einen kleinen Essigsäurezusatz enthielt und ich glaube auf Rechnung der Säure, die locale Ablösung des Hautschichtsackes von der Oberfläche der Cyste setzen zu müssen. Als ich zur Untersuchung des Präparates unter starker Vergrösserung schritt, waren die meisten Aleuronkörner, die sich in der Umgebung der Cyste befanden, bereits unter gewöhnlichen Erscheinungen der Desorganisation anheimgefallen und von der Oberfläche der Hautschichte abgelöst.

In Betreff der Lagerungsverhältnisse der Aleuronkörner im Bereiche dieses Neugebildes von nicht gewöhnlichen Dimensionen, bin ich zu keinem sicheren Urtheil gelangt. In einem Winkel zwischen der Cyste und der Zellhaut war allerdings eine derartige Anordnung der noch unveränderten Aleuronkörner vorhanden, dass ich wenigstens für diesen Theil des Protoplasmas unveränderte Organisationsverhältnisse, als bestehend annehmen musste. — Es ist nicht unwahrscheinlich, dass das Erscheinen der Cysten, wenn ihr Volum eine bestimmte Grösse überschreitet, die Anordnung der im peripherischen Theile noch nicht resorbirten Aleuronkörner modificirt. Das Letztere wird nun in einem um so geringeren Grade der Fall sein, je kleiner die Dimensionen der Cyste sind und es ist kaum unwahrscheinlich, dass der peripherische, differenzirte Theil des Körnerplasmas, Cysten von der in der Fig. 18 abgebildeten Form in sich beherbergen kann, ohne dass dadurch die typische Anordnung der Aleuronkörner in jenem erheblich modificirt würde. Es ist für diese Fälle wohl anzunehmen, dass dem peripherischen Hautschichtsack unveränderte Aleuronkörner anliegen, deren Interstitien entsprechend der Volumvergrösserung des Sackes erweitert sind. Positive Gewissheit habe ich mir, der nicht gewöhnlichen Schwierigkeit der Untersuchung wegen, darüber nicht verschaffen können; selbst durch die Untersuchung mit Sublimatlösung behandelter zum Theil erschöpfter Cotyledonen, konnten für die Beurtheilung der Verhältnisse, welche die Einlagerung der bereits encystirten Stärkekörner im unveränderten peripherischen Körnerplasma

betreffen, keinerlei bestimmte Anhaltspunkte gewonnen werden, da auch hier durch das Wasser die Inhaltspartien auf die es hauptsächlich ankommt, aus den Zellen während des Schneidens oder Übertragens der Schnitte entfernt werden. Anderseits ist das durch Sublimatlösung fixirte peripherische Körnerplasma, wenn geschlossene cystenführende Zellen zur Untersuchung gelangen zu undurchsichtig, als dass man einen genauen Einblick in die Lagerungsverhältnisse der Aleuronkörner tieferer Schichten erhalten könnte. Immerhin blieb die Fixirung mit Sublimat nicht ohne allen Erfolg, und es hat sich dieses Verfahren auch hier, als Mittel zur Verdeutlichung der Hautschichten bestens bewährt. Nach solchen Sublimatpräparaten sind die Fig. 19, 20 entworfen. Die in der Fig. 20 dargestellte Cyste war der, bei der Betrachtung, oberen Wand der Zelle angelagert. Ich erhielt sie erst dann genau zur Ansicht, nachdem ich durch Herumzerren des Präparates in dem dicken Glycerin, und durch Auspinseln die Aleuronkörner aus der geöffneten Zelle entfernt hatte.

So unvollständig auch diese Untersuchungen mit noch nicht gänzlich erschöpften Cotyledonen, mit Rücksicht auf die genetischen Verhältnisse der Cysten geblieben sind, so ergibt sich aus ihnen wenigstens das Resultat, dass der Hautschichtsack des Stärkekornes in der Bildung der Cyste nicht aufgeht, dass vielmehr die Cyste sich als Neugebilde, zwischen dem abgehobenen Hautschichtsack und der Oberfläche des Stärkekornes constituirt.

Aus der Prüfung des Verhaltens der Substanz farbloser Cysten gegen Reagentien, ergab sich der folgende mikrochemische Befund.

Gegen Jod und Carmin verhält sich die Substanz der Cyste im Grossen und Ganzen indifferent. In manchen Fällen kommt allerdings eine Tinction zu Stande, die jedoch ebenso, wie die mancher intercellularer Secrete eine schnell vorübergehende ist, wenn das Präparat aus der Carminlösung in Wasser oder Glycerin gebracht wird. Anfänglich tingirte Kapseln erscheinen in den letzteren Medien, nach einiger Zeit ganz farblos.

Durch Jod und Schwefelsäure erlangt die Cyste in ihrer ganzen Masse eine gelbbraune Färbung. Dasselbe ergibt die Behandlung mit Chlorzink-Jod.

Gegen die Einwirkung der verdünnten Schwefelsäure ist die Substanz der Cyste in einem hohen Grad resistent. Wendet man jedoch in Verbindung mit Jod, concentrirte Schwefelsäure an, so geht nach längerer Einwirkung der Säure, die bereits verfärbte Kapsel allmälig in Lösung über, wobei ich bemerken muss, dass die Substanz der Cyste dem lösenden Agens einen viel grösseren Widerstand entgegengesetzt, als die Zellhäute des Präparates. Ich konnte aus diesem Grunde die fast unveränderten Kapseln unter dem Mikroskope selbst noch in einem Zeitpunkt wahrnehmen, in welchem die gänzliche Auflösung des Zellhautgerüstes erfolgt war. Mit Zuckerlösung imbibirte und nachträglich mit Schwefelsäure behandelte Kapseln, liessen in den meisten Fällen, auch während der später erfolgenden Auflösung, keinerlei Farbenveränderung erkennen. Nur in seltenen Fällen nehmen die Cysten durch diese Behandlung eine mit dem Plasma des Wandbeleges übereinstimmende braune Färbung an.

Mit Salpetersäure und Ammoniak behandelte Cysten erscheinen schön goldgelb gefärbt. Es ist dies dieselbe Reaction, welche die genannten Reagentien in dem Plasma und den Zellkernen angrenzender Zellen hervorrufen.

Lässt man zu dem Präparate, welches sich unter dem Deckglas befindet, langsam Kalilauge hinzutreten, so wird zunächst die Schichtung der eingeschlossenen Stärkekörner deutlicher, ohne dass die Cysten dabei ihr Volum erheblich vergrössern würden. In Folge weiterer Quellung des Kornes, öffnet sich nun die Cyste mit einem Riss. Ist derselbe im Verhältniss zu den Dimensionen des Kornes sehr klein, so erleidet das von der Cyste sich befreiende Stärkekorn, dessen äusserste Schichten bereits erweicht sind, während des Herausstürzens, durch die Ränder des Risses eine deutliche Einschnürung und es gewährt dieses fast den Anblick einer durch eine enge Öffnung der Sporangiumwand durchschlüpfenden Schwärmspore einer Vaucheria-Art. Eine stärkere Quellung der Cysten findet hierbei nicht statt. Ich muss aus diesem Grunde die Sprengung der Cysten, so wie die in diesem Fall vor sich gehende Entleerung derselben, auf Rechnung, des aus den äussersten Schichten des Stärkekornes

bereits innerhalb der Cyste gebildeten und aufquellenden Stärkekleisters setzen.

Im ursprünglichen Zustande nicht sichtbare Structureigenthümlichkeiten der Cyste bringt die Kalilauge übrigens in den entleerten Cysten nicht zur Wahrnehmung.

In kochender Kalilauge sind die Cysten löslich. Dieses Verhalten habe ich sowohl an Schnitten constatirt, die sich in Kalilauge befanden und am Objectträger erhitzt wurden, als auch an grösseren Stücken von erschöpften Cotyledonen, die ich zum Zwecke der Isolirung der Zellen in Kalilauge kochte. Auch bei dieser Behandlung verschwinden die Cysten viel später, als alle anderen Inhaltskörper der Zellen. Wird die Einwirkung der kochenden Kalilauge rechtzeitig unterbrochen, so findet man in manchen Zellen, selbstredend entstärkte Cysten, als die einzigen geformten Inhaltskörper in einem fast unveränderten Zustand, innerhalb der das Lumen der Zelle erfüllenden klaren Lösung.

In kochendem Wasser sind die Cysten absolut unveränderlich, dabei findet ebenso wie unter dem Einflusse der Kalilauge die Ausstossung der Stärkekörner statt. Dasselbe bewirkt übrigens auch verdünnte Schwefelsäure.

Die Substanz der Kapsel lässt, wie sich aus dem erwähnten mikrochemischen Verhalten gegen die gebräuchlichen Reagentien ergibt, einige hervorstechendere specifische Eigenthümlichkeiten erkennen, die in unserem Fall weder die Zellhaut, noch die Stärkekörner, noch sonst ein anderes während der Keimung zum Vorschein kommendes Gebilde besitzt. Die Resultate unserer mikrochemischen Prüfung können wir nunmehr folgendermassen formuliren: 1. Indifferentes Verhalten gegen Jod und Carmin; 2. Gelbfärbung mit Jod und Schwefelsäure oder Chlorzinkjod; 3. Gelbfärbung mit Salpetersäure und Ammoniak; 4. eine nicht unbedeutende Resistenz, welche die Cystensubstanz der Einwirkung der Schwefelsäure und Kalilauge entgegensetzt, in welcher letzteren die Lösung erst bei höherer Temperatur stattfindet.

Obwohl dieser aus dem Verhalten gegen die angeführten Reagentien sich ergebende Complex von Eigenschaften bei

Weitem nicht ausreicht um zu bestimmten Schlussfolgerungen in Betreff der Qualität der Substanz der Cyste führen zu können, so dürfte derselbe dennoch ausser Zweifel stellen, wenn wir das Verhalten gegen Jod und Schwefelsäure, ferner gegen Salpetersäure und Ammoniak berücksichtigen, dass wir es hier mit einem stickstoffhaltigen Körper zu thun haben, welcher in qualitativer Beziehung, weder ein Derivat der Stärkesubstanz noch der Zellhaut sein kann. Aus diesem Grunde glaube ich den Boden der Thatsachen nicht zu verlassen, wenn ich in Betreff der Herkunft der Cystensubstanz nur die Annahme für möglich ansehe: dass die Entstehung der Cyste mit einer Translocation ursprünglich im Protoplasma oder überhaupt im Zellinhalte gelöster Stoffe auf die Oberfläche gewisser Stärkekörner zusammenhängt.

In Anbetracht der Rolle, welche bei diesem Vorgange den Specialhautschichten der Stärkekörner zufällt, könnte die Bildung der Cysten, als ein der Zellhautbildung analoger Vorgang aufgefasst werden, durch welchen zum Aufbau der Cysten bestimmte Moleküle des Protoplasmas ihren ursprünglichen chemischen Charakter zum Theile verlieren und nur mit jenem Complex von Eigenschaften nach aussen abgelagert werden, wie er stickstoffhaltigen organischen Verbindungen im Allgemeinen eigenthümlich zu sein pflegt. Wenn wir ferner bedenken, dass durch die Bildung der Cysten, sich in gewissen Zellen, weiter nicht veränderungsfähige Gebilde constituiren, so liesse sich in letzterer Beziehung der Entstehungsmodus noch dahin präcisiren: dass durch die Bildung der Cysten eine Sonderung des vitalen, während der Keimung noch veränderungsfähigen Plasmas, von dem in morphologisch distincter Form dem Stärkekorn sich anlagernden, die Vitalität einbüssenden Theile zu Stande komme.

Welche genetischen Beziehungen bestehen nun zwischen der Cyste und dem Zellenprotoplasma; ist die Cyste als ein directes Differenzirungsproduct des Protoplasmas anzusehen oder geht sie aus dem letzteren durch Secretion hervor?

Diese Frage kann ich auf Grund des entwicklungsgeschichtlichen Befundes nur im letzteren Sinne bejahend beantworten. Die Cyste kommt innerhalb des Hautschichtsackes zum Vorschein;

hingegen müsste eine auf directer Differenzirung des Protoplasmas beruhende Entstehungsweise, das Erscheinen der Cyste auf der äusseren Oberfläche des Hautschichtsackes und somit auch die Einkapselung des Stärkekornes sammt seiner Hautschicht zur Folge haben. Dieser letztere Umstand dürfte jeden Zweifel an der Richtigkeit meiner Deutung des ermittelten entwicklungsgeschichtlichen Befundes, durch welche ich für die Cyste die Attribute eines directen Differenzirungsproductes des Protoplasmas in Abrede stelle, beseitigen.[1] Zu Gunsten meiner Auffassung, durch welche die Entstehung der Cyste lediglich auf eine secretorische Thätigkeit des Protoplasmas zurückgeführt wird, spricht ferner ausser dem, was in Betreff ihres Auftretens innerhalb des Hautschichtsackes sicher gestellt werden konnte, noch eine Reihe anderer Thatsachen, und diese sind: 1. Das streng localisirte Vorkommen der Cysten in Zellen jener Gewebeschichten, welche innerhalb ihrer Intercellulargänge Secretmassen enthalten; 2. der unverkennbar übereinstimmende chemische Charakter der Cystensubstanz mit den bereits besprochenen extracellularen Filtraten. Diese Thatsachen haben mir in Verbindung mit anderen den Schlüssel zur Erklärung der auf die Entstehung der Cysten sich beziehenden Vorgänge an die Hand gegeben, so dass ich glaube wenigstens über diesen Gegenstand genügende Aufklärungen geben zu können.

Die Abhängigkeit des Vorkommens der Cysten von ganz specifischen Eigenthümlichkeiten der durch die Keimung sich erschöpfenden Zellen und zwar solcher, die in die Intercellulargänge Secrete abscheiden, war mir schon beim Beginn meiner Untersuchungen auffallend. Diese Beziehungen zwischen den extra- und intercellularen Vorkommnissen, in den durch die Keimung veränderten Cotyledonen, geben sich zunächst darin zu

---

[1] Als directe Differenzirungsproducte des Protoplasmas sind gewisse Vorkommnisse in den Sporangien der Hydropterideen anzusprechen. Es sind dies die Episporien der Makrosporen, ferner die Zwischenmasse der Mikrosporen sammt den, für die Arten von Azolla charakteristischen Fortsätzen, den Glochiden der letzteren. Das betreffende Detail wurde letzthin von Strasburger in seiner Schrift „Studien über Protoplasma" 1876, eingehend besprochen. L. c. S. 43 ff.

erkennen, dass das Auftreten der Cysten ein streng localisirtes ist: es ist auf die Gewebeschichte beschränkt, innerhalb welcher die extracellularen Secrete vorhanden sind. Es hat also mit Rücksicht auf die so auffälligen Beziehungen, welche zwischen dem Auftreten der Cysten und der intercellularen Secrete bestehen, ferner auf das übereinstimmende mikrochemische Verhalten den Anschein, dass gewisse Zellen durch die erlangte Disposition Filtrate in die Intercellularräume auszuscheiden, zugleich befähigt werden, durch einen nach der Oberfläche der Stärkekörner gerichteten Secretionsvorgang, Ausscheidungsproducte auch auf die Oberfläche der letzteren abzulagern. Wir können auf Grund des bereits mitgetheilten Details die Zulässigkeit dieser Schlussfolgerung, durch welche das Erscheinen der Cysten und intercellularen Secrete, auf einen und denselben Secretionsvorgang zurückgeführt wird, nach mehreren Richtungen hin einer Prüfung unterziehen.

So muss zunächst, wenn die Entstehung der Cysten mit einer specifischen Befähigung der Zellen Secrete zu bilden, zusammenhängt, auch das Auftreten der Cysten durch alle jene Veränderungen im Gewebe bedingt sein, die nachweislich eine Filtration aus gewissen Zellen zur Folge haben. Dies ist nun thatsächlich der Fall, da die Untersuchung ausnahmslos das Resultat ergibt, dass das Erscheinen der Cysten von der Anwesenheit der Vollzellen in demselben Grad abhängt, wie das Auftreten der Filtrate. In Cotyledonen, welche der Vollzellen entbehren und in denen demgemäss die Ausscheidung der Filtrate unterbleibt, gelangen nie Stärkekörner zur Einkapselung; es sind vielmehr nur die in der Nähe der Vollzellen befindlichen filtrirenden Gewebeschichten als die Bildungsstätte der Cysten anzusehen. Damit hängt auch noch zusammen — und dies ist ein noch entscheidenderes Moment — dass alle Veränderungen im Gewebe der Cotyledonen, durch welche die Parenchymzellen schon beim Beginn der Keimung zur Filtration angeregt werden, auch das Erscheinen der Cysten innerhalb der filtrirenden und gleichzeitig sich erschöpfenden Zellen zur Folge haben, unabhängig davon, ob die Keimung im Lichte oder im Dunkeln stattfindet. Das Erscheinen der Cysten ist unter diesen Verhältnissen ein so

constantes, dass dadurch jeder Zweifel an dem ursächlichen Zusammenhang zwischen der Filtration und der Cystenbildung beseitigt wird. Diese innigen Beziehungen zwischen den Vorgängen, aus denen die Entstehung der Cysten und der Austritt des Secretes in die Binnenräume des filtrirenden Zellcomplexes resultirt, gibt uns sogar ein Mittel an die Hand das Erscheinen der Cysten auf jedem Punkte des Parenchymgewebes der Cotyledonen, durch willkürlich zu bewerkstelligende Eingriffe, hervorzurufen. Ich habe dies mit nie ausbleibendem Erfolge dadurch erreicht, dass ich die Cotyledonen gequollener Erbsen auf einem oder mehreren Punkten, durch Einstiche vermittelst einer Nadel oder Lanzette verwundete und in diesem Zustande, bis zur vollständigen Erschöpfung, theils im Lichte, theils im Dunkeln auskeimen liess. Durch die nachträgliche Untersuchung wurde nun sichergestellt, dass das Erscheinen der Cyste von den äusseren Bedingungen der Keimung ganz unabhängig ist und dass für den Vorgang auf dem die Bildung der Cysten beruht, dieselben Veränderungen im Gewebe, wie für das Erscheinen der extracellularen Filtrate, massgebend sind. Erfolgte die Verwundung der Cotyledonen, in einem nicht zu späten Zeitpunkt, nach begonnener Keimung, so sind im erschöpften Gewebe Cysten, innerhalb der Zellen mit derselben Regelmässigkeit, wie Secrete in den Intercellulargängen oder im Desorganisationsproduct der Vollzellen enthalten. Der Zeitpunkt, bis zu welchem durch eine Verletzung des Gewebes die Cystenbildung hervorgerufen werden kann, ist nach dem Beginne der Keimung von dem Grade, bis zu welchem die Resorption des Körnerplasmas fortgeschritten ist, abhängig. In dieser Beziehung kann ich als Regel hinstellen, dass eine Einkapselung der Stärkekörner, als eine die Filtration begleitende Erscheinung nur so lange zu Stande kommt, als noch eine peripherische Partie des Körnerplasmas, innerhalb welcher sich Stärkekörner in den schon vor der Keimung innegehalten Lagerungsverhältnissen befinden, vorhanden ist. Sind einmal in Folge der centrifugal fortschreitenden Auflösung des Körnerplasmas und der peripherischen Aleuronkörnerschichten die ursprünglich mit ihrem Hautschichtsack der peripherischen Hautschicht angeheftet gewesenen Stärkekörner, in den Zellsaft gerathen, dann vermag die Verwundung des Gewebes

den angegebenen Effect nicht mehr hervorzurufen. Gleichwohl sind die Zellen, so lange sie nicht vollständig zum vegetativen Typus zurückgekehrt sind, noch immer im Stande Secrete zu bilden. Schon vor der Keimung vorhanden gewesene Sprünge im Parenchym, ferner die, aus der einen oder anderen Ursache erfolgende, von aussen nach innen fortschreitende Fäulniss von Gewebepartien während der Keimung, bedingen im umliegenden Gewebe anologe Veränderungen, wie wenn die locale Zerstörung des Gewebes durch unser Zuthun erfolgt wäre. Auch in diesem Fall, ist das Erscheinen der intercellularen Secrete und Cysten von den äusseren Bedingungen der Keimung ganz unabhängig. — Die anatomischen Verhältnisse im Lichte ausgekeimter Erbsen sind im Falle, dass eine spontane Vollzellbildung erfolgte, übereinstimmend mit denjenigen verletzter Cotyledonen.

Da die Bildung der Cysten unter Umständen eintritt, welche die Infiltration des Vollzelleninhaltes bedingen, so kann aus dem Aussehen der Schnittflächen erschöpfter Cotyledonen bei der mikroskopischen Betrachtung derselben, ein sicherer Schluss auf die An- oder Abwesenheit der Cysten gezogen werden. Die Schnittflächen, mit infiltrirten Vollzellen reichlich ausgestatteter Cotyledonen, sind entsprechend der Vertheilung der Vollzellen in ihrem Gewebe, stellenweise gelb gefärbt und eben diese Cotyledonen sind es, in denen ich die Cysten nie vergeblich gesucht habe.

Es ist wohl nach dem Allen kein Zweifel, dass die Bildung der Cysten und die die Secretion bedingenden Vorgänge, als einander begleitende Erscheinungen aufzufassen sind. Dies tritt am schlagendsten in der Thatsache entgegen, dass alle Umstände, welche die Secretion beeinflussen in analoger Weise auch für das Auftreten der Cysten bestimmend sind. So ist die Entstehung der Cysten in verletzten Cotyledonen bei tiefer Lage im Boden, wie die Secretbildung, unterdrückt. Ich habe in solchen Cotyledonen in der Regel nur vereinzelte Cysten aufgefunden; in trocken gehaltenen, über den feuchten Boden gehobenen und unter diesen Verhältnissen erschöpften Erbsen, sind Cysten immer in grosser Anzahl enthalten.

Die Einkapselung eines Stärkekornes, durch die sich ihm anlagernde Cyste, hat immer den vitalen Zustand der betreffen-

den Zellen zur Voraussetzung. Dies entnehme ich daraus, dass in den Zellen des Vollzellenbeleges von der Fäulniss nicht ergriffener Cotyledonen, in keinem Falle eine Encystirung constatirt werden konnte. Wurde jedoch das Gewebe von der Fäulniss ergriffen, so finden sich in diesem wie Vollzellen aussehende Reservestoffbehälter, in deren Inhalt eingekapselte Stärkekörner vorhanden sind. Dies erklärt sich daraus, dass diese Zellen erst nach bereits zu Stande gekommener Encystirung der Stärkekörner, von den durch die Fäulniss im umliegenden Gewebe bedingten Veränderungen betroffen wurden, da auch unter diesen Umständen aus dem noch unverbrauchten Körnerplasma dieser Zellen, ein dem desorganisirten Plasma der Vollzellen entsprechendes Product hervorgehen kann.

Das Erscheinen der Cysten in Gewebeschichten, die in einem mehr oder weniger hohen Grad durch die Secretion in Anspruch genommen sind, ferner die sichergestellte stoffliche Gleichartigkeit der Secrete und der Cysten, müssen den Gedanken nahe legen, dass den, während des Lebensprocesses gewisser Zellen gebildeten Secreten, irgend welche in der Organisation unseres Objectes begründete Einrichtungen, das Eindringen in das Lumen sich erschöpfender Zellen gestatten, wo diese gelegentlich zur Einkapselung peripherischer Stärkekörner verwendet werden. Meines Erachtens, sind nun die Bedingungen hierfür, wenigstens zum Theile, durch das im Bau des Körnerplasmas unseres Objectes realisirte mechanische Princip erfüllt. Welche Verhältnisse mich darauf führten, die Lösung der Frage nach der Herkunft des cystenbildenden Secretes, von diesem Gesichtspunkte aus zu versuchen, will ich im nächsten Capitel darlegen.

Das mechanische Princip im Baue des Körnerplamas der Erbse in seinen Beziehungen zur Bildung der Cysten.[1]

Die Anordnung der Aleuronkörner innerhalb aller von den Stärkekörnern nicht erfüllten Räume des Körnerplasmas, wird

[1] Einige Figurenangaben in diesem Abschnitte, beziehen sich auf die, meiner ersten Abhandlung über das Protoplasma der Erbse beigegebene Tafel. Die betreffenden Nummern sind hier mit einem Sternchen bezeichnet.

von einem einheitlichen, auf allen Punkten consequent durchgeführten Princip beherrscht. Dies bedingt das eigenthümliche habituelle Gepräge des inneren Baues des gesammten Körnerplasmas, so lange diesem nach dem Übergang in den wasserimbibirten Zustand, die ursprünglichen Organisationsverhältnisse innewohnen.

Betrachten wir zunächst den Bau der Peripherie des Körnerplasmas, wie dieser sich an Schnitten aus trockenen Erbsen zu erkennen gibt, die mit dickem Glycerin bedeckt wurden. Ist unter diesen Verhältnissen die Differenzirung des Körnerplasmas zu Stande gekommen, so fällt es sofort in die Augen, dass die Aleuronkörner innerhalb der äussersten, von der peripherischen Hautschicht umspannten Lage derselben, durch Lamellen der Grundsubstanz getrennt sind, deren Verlauf allenthalben eine bestimmte Gesetzmässigkeit erkennen lässt. Es setzen sich nämlich die Lamellen der Grundsubstanz, zwischen den Aleuronkörnern der äussersten Schichte, der hyalinen peripherischen Zone ausnahmslos unter einem rechten Winkel an. (Fig. 1.*)

Ein continuirlicher, in unmittelbare Beziehung zur peripherischen Hautschicht tretender Beleg von Aleuronkörnern, ist jedoch auf der inneren Oberfläche der ersteren in keinem Falle vorhanden. Einzelne Stärkekörner rücken nämlich mit ihrem Hautschichtsacke der besagten hyalinen Zone so nahe dass ein mehr oder weniger grosser Theil der Oberfläche des Stärkekornes, von der Zellhaut nur durch ein gemeinsames Hautschichtblatt getrennt ist. Auf diesen Stellen, die bei der Ansicht der Oberfläche der Zellen kreisförmig contourirt erscheinen ist der von den Aleuronkörnern gebildete Beleg unterbrochen. Da nun die Dimensionen der Aleuronkörner auf den einzelnen Punkten der Zelle nur sehr unerheblichen Schwankungen unterliegen, so muss sich nothwendig die Anzahl der zwischen beiderlei Hautschichten eingeschlossenen Aleuronkörner in dem Masse verringern, als der Abstand zwischen den ersteren, im Bereiche der gemeinsamen Hautschichtblätter kleiner wird. In diesem Falle ist der Rand der hyalinen, zwischen die Zellhaut und das Stärkekorn eingeschobenen Platte, immer von keilförmig zugeschärften Aleuronkörnern eingefasst. Diese Verhältnisse soll die Fig. 5* versinnlichen.

Die zur Aufnahme der Stärkekörner bestimmten Alveolen des Körnerplasmas erscheinen dort, wo dieselben von benachbarten oder der peripherischen hyalinen Zone durch dickere Aleuronkörnerschichten getrennt sind, nach aussen von Aleuronkörnern begrenzt, zwischen denen die Lamellen der Grundsubstanz, mit Rücksicht auf die Oberfläche des Hautschichtsackes, die bereits für die peripherische Aleuronkörnerschicht angegebenen Richtungsverhältnisse zeigen.

Zu einschichtigen Platten zusammentretende Aleuronkörner, wie sie hier und da vorhanden sind, wenn der zwischen zwei benachbarten Stärkekörnern, oder diesen und der peripherischen Hautschicht befindliche Raum eben ausreicht um eine einzige Schicht von Aleuronkörnern aufzunehmen, sind in ihrem mittleren Theile, auf der optischen oder wirklichen Durchschnittsansicht, viereckig begrenzt. In Wirklichkeit sind dies mit ihren Endflächen, auf zwei benachbarten Hautschichten senkrecht stehende Prismen. (Fig. 3.*)

Für alle Schichten der Aleuronkörner, welche sich den äusseren oder den inneren hyalinen Umkleidungen des Körnerplasmas unmittelbar ansetzen, ist der auf die Oberfläche der ersteren senkrechte Verlauf der Lamellen der Grundsubstanz ein wesentliches Merkmal. Es müssen somit alle Aleuronkörner innerhalb dieser, wie Schalen den hyalinen Zonen anliegenden Schichten, mit ihren Seitenwänden senkrecht auf die Hautschichtflächen gestellt sein. Dieses allgemeine, den Bau sämmtlicher in unmittelbare Beziehungen zu den Hautschichten tretender Schichten der Aleuronkörner beherrschende Princip, gelangt am deutlichsten in der Thatsache zum Ausdruck, dass in den von zwei Hautschichten eingeschlossenen Winkeln stets keilförmige Aleuronkörner erscheinen, die im Durchschnitt die Begrenzungen eines Trapezoides zeigen. Die Orientirung dieser Aleuronkörner ist auf der Durchschnittsansicht stets eine derartige, dass die Seiten über welche die Hautschichten hinwegziehen, einen spitzen, diejenigen jedoch an welche sich die durch den senkrechten Verlauf der Lamellen charakterisirten Schichten der Aleuronkörner ansetzen, den stumpfen Winkel einschliessen. Die Schenkel des Letzteren verlaufen unter einem

rechten Winkel, gegen die beiden auseinanderweichenden Hautschichtblätter. (Fig. 5.*)

In den Fällen wo eine Verwachsung der Hautschichtstücke zweier benachbarter Stärkekörner zu Stande kommt, erscheint die gemeinsame Hautschichtplatte zwischen den einander genäherten Stärkekörnern, gleichfalls von keilförmigen Aleuronkörnern begrenzt, die sich auf eine bereits angegebene Weise zwischen die beiden auseinanderweichenden Hautschichtblätter einschieben. (Fig. 4.*)

Unter demselben Gesichtspunkt dürfte auch die Gestalt im Querschnitt fünfeckiger Aleuronkörner, innerhalb der, nur aus einer einzigen Schichte von Aleuronkörnern bestehenden Platten des Körnerplasmas, erklärlich sein. (Fig. 3.*)

Denkt man sich eine beliebig grosse Anzahl in Hautschichtsäcken eingeschlossener Stärkekörner, in ungleichen Abständen von der peripherischen Hautschicht, nebst kleinen durch schmale Lamellen der Grundsubstanz getrennten, polyedrischen Körpern im Lumen der Zelle so vertheilt, dass eine gewisse Anzahl der letzteren zu einfachen Schichten, innerhalb welcher die Lamellen der Grundsubstanz senkrecht zu den hyalinen Zonen verlaufen, die übrigen zu einer Füllmasse, zwischen allen den Hautschichten anliegenden Schalen zusammentreten, so erhält man eine annähernd richtige Vorstellung von dem Baue des Körnerplasmas im wasserimbibirten Zustand desselben.

Die Anordnung der Aleuronkörner und der Verlauf der Lamellen der Grundsubstanz in allen, den hyalinen Grenzzonen unmittelbar anliegenden Schichten der ersteren, lässt schon auf den ersten Anblick das mechanische Princip eines aus polyedrischen Körpern zusammengesetzten Gewölbes erkennen.

Ein Gewölbe einfachster Form ist bekanntlich ein System eckiger, in der Regel auf einer krummen Linie oder auf der Oberfläche eines Rotationskörpers derart angeordneter und mit den Seitenflächen zusammenschliessender Körper, dass diese durch von aussen wirkende Kräfte aus ihrer Gleichgewichtslage nicht gebracht werden, indem die auf die einzelnen Körper wirkenden Druckkräfte theils in den Gewölbfugen, theils durch die Widerstandsfähigkeit der dem System zur Stütze dienenden Widerlager aufgehoben werden.

Man kann zu einer richtigen Vorstellung über die Gleichgewichtsverhältnisse der Gewölbe im Körnerplasma der Erbse, wo die Wölbflächen ganz oder zum Theil geschlossene Oberflächen von Rotationskörpern sind, gelangen, wenn man sich eine Hohlkugel durch radial verlaufende Ebenen in beliebig viele, im gegenseitigen Contact verbleibende Stücke zertheilt denken würde. Vermögen die zusammenschliessenden Theilstücke der ursprünglichen Hohlkugel von aussen auf dieselben einwirkenden Druckkräften, vermöge ihrer materiellen Beschaffenheit und durch die zwischen ihren Berührungsflächen zu Stande kommende Reibung, das Gleichgewicht zu halten, so wird die Oberfläche eines innerhalb der Hohlkugel befindlichen Körpers keinen activen Druck erfahren. Wir hätten in diesem Fall ein vollständiges Kugelgewölbe vor uns, welches der Widerlager nicht bedürfen würde, da bei der angegebenen Anordnung der einzelnen Theilstücke, ein jedes derselben im gleichen Masse als Gewölbstein und Widerlager in Anspruch genommen ist.

Die für ein einzelnes Kugelgewölbe geltenden Gleichgewichtsbedingungen bleiben ungeändert, wenn man eine grössere Anzahl solcher, durch entsprechende aus polyedrischen Elementen bestehende Füllungen, zu e i n e m System vereinigte. In einem solchen würden die einzelnen von Kugelgewölben eingeschlossenen Höhlungen, den zur Aufnahme der Stärkekörner bestimmten Alveolen des Körnerplasmas der Erbse entsprechen.

Denken wir uns nun, dass ein isolirter Reservestoffbehälter nach vollzogener Quellung auf allen Punkten seiner Oberfläche von Druckkräften aus deren Wirkung eine Volumverminderung der Zelle resultiren könnte, ergriffen wird. Unter diesen Verhältnissen müsste eine Annäherung der Aleuronkörner bis zur gegenseitigen Berührung allerdings zu Stande kommen, wenn die Interstitien zwischen denselben aus einer im Zustande einer wirklichen Lösung befindlichen Substanz gebildet wären, und anderseits die peripherische Hautschicht und die Zellhaut, vermöge ihres micellaren Baues, die für das Zustandekommen einer Druckfiltration nöthige Eignung besässen. Nun ist aber in Wirklichkeit zwischen den Aleuronkörnern eine imbibitionsfähige Grundsubstanz ausgebreitet. Dadurch sind die Bedingungen, unter denen

in der von äusseren Druckkräften ergriffenen Zelle, eine Annäherung der Aleuronkörner zu Stande kommen könnte, wesentlich modificirt. Denn unter den Verhältnissen, wie sie in Wirklichkeit bestehen, wird die Imbibitionsfähigkeit der Grundsubstanz als mitbestimmender Factor für alle, aus der Wirkung äusserer Druckkräfte sich ergebenden Veränderungen im Inneren der Zellen hinzutreten. Es müssten daher, damit durch die äusseren Druckkräfte eine Verkleinerung der zwischen den Aleuronkörnern befindlichen Interstitien zu Stande komme, diese eine Intensität besitzen, durch welche die Imbitionskraft der Grundsubstanz überwunden werden könnte. Wäre dies der Fall, so müsste ein Theil des Imbitionswassers der Grundsubstanz aus der Zelle austreten und es würden die Micellen derselben, entsprechend dem Grade der zu Stande gekommenen Volumverminderung, näher aneinander rücken.

Im wasserimbibirten Zustand des Körnerplasmas, müsste die Wirkung äusserer Druckkräfte noch durch einen anderen Factor modificirt werden und dies ist die nicht geringe Quellungsfähigkei der Hautschichtsäcke der Stärkekörner. In Betreff dieser habe ich bereits in meiner ersten Abhandlung angegeben, dass diese hyalinen Grenzschichten, wenn ihre Quellung unbeeinflusst durch von aussen wirkende Druckkräfte erfolgt, von der Oberfläche der Stärkekörner abgehoben werden. Sie sind dann von der Oberfläche des Stärkekornes durch einen Zwischenraum getrennt, welcherjedenfalls nicht von einem Quellungsproduct, sondern von dem Untersuchungsmedium erfüllt ist. Von aussen auf die isolirt gedachte Zelle wirkende Druckkräfte werden sich nur dann auf die Oberfläche der Stärkekörner fortpflanzen, wenn die Intensität derselben ausreicht, um auch das Ausdehnungsstreben der Hautschichtsäcke, welches offenbar zur Festigung des auf dem mechanischen Principe eines Gewölbes beruhenden Baues beiträgt, zu überwinden. Es werden also den äusseren Druckkräften, theils die Imbitionskraft der Hautschichtsäcke, theils die der Grundsubstanz zwischen den Aleuronkörnern der Füllungen, als auch der mit Gewölbefugen vergleichbaren, in die hyalinen Grenzschichten unmittelbar anslaufenden Theile derselben, entgegenwirken und unter Umständen auch das Gleichgewicht halten können. — Was in Bezug auf Kräfte gilt, welche die

Zelle in dem angegebenen Sinne von aussen ergreifen, ist auch auf die zwischen Zellhaut und Inhalt bestehende, jedenfalls sehr geringe Spannung zu übertragen. Dass eine solche als bestehend angenommen werden muss, ergibt sich aus der einfachen Erwägung, dass das Plasma nach der Quellung sich noch lange nicht im Zustande der höchsten Sättigung mit Wasser befindet.

Im differenzirten Zustand des Körnerplasmas sind die Stärkekörner in den Alveolen desselben auf eine Weise fixirt, dass eine Verschiebung dieser im Innenraum der Zelle in keinem Falle erfolgen kann. Für die Vertheilung der Stärkekörner im Körnerplasma sind jedoch einzig und allein die Organisationsverhältnisse des Körnerplasmas massgebend. Durch diese ist einem jeden Stärkekorne schon zum Voraus der Raum angewiesen, welchen dasselbe nach vollzogener Imbition des Körnerplasmas im letzteren auszufüllen hat. — Während der mit Differenzirung abschliessenden Quellung des Körnerplasmas, erfährt die ursprüngliche Anordnung der Stärkekörner eine Veränderung, jedoch nur insoferne, als dies durch die Wasseraufnahme, in den zwischen denselben befindlichen Theilen des Körnerplasmas bedingt ist. Wird jedoch einem Schnitte nach dem Übergang des Körnerplasmas in den differenzirten Zustand plötzlich Wasser zugeführt, so findet während der Desorganisation, beziehungsweise der Lösung des Körnerplasmas, immer eine kurz andauernde Bewegung der Stärkekörner statt und es erscheinen nun diese, auch innerhalb des Desorganisationsproductes geschlossener Zellen, in einer durchweg veränderten Anordnung. Unter diesen Verhältnissen folgen, die während der Desorganisation durcheinander getroffenen Stärkekörner bis zur Herstellung neuer Gleichgewichtsverhältnisse, für welche die Lage und die Gestalt der Zellen massgebend sind, dem Zuge der Schwerkraft.

Der Aleuronkörner besitzen, so lange dieselben nicht der Desorganisation anheimgefallen sind, immer eine polyedrische Gestalt und zwar ganz unabhängig von den Umständen, unter denen sie zur Untersuchung gelangen. Es finden sich nämlich Aleuronkörner von dieser Gestalt, sowohl innerhalb geschlossener, als auch in durchschnittenen Zellen und ferner in zufällig

losgetrennten Theilen des Könerplasmas, die ganz frei im Untersuchungsmedium liegen. Es muss sich also der Aggregatzustand der Aleuronkörner, auch nach zu Stande gekommener Imbition, in einem nicht unbeträchtlichen Grade dem eines festen Körpers nähern. Dass aber die Gestalt der Aleuronkörner von einer zwischen dem Inhalt und der Zellhaut bestehenden Spannung ganz unabhängig ist, ergibt sich aus dem Verhalten des Körnerplasmas durchschnittener Zellen, wenn durch die Strömungen im Untersuchungsmedium gelegentlich die in den Alveolen steckenden Stärkekörner herausgehoben werden. In diesem Falle erfahren weder die Anordnung der Aleuronkörner noch die Volumverhältnisse der Alveolen, so lange überhaupt die dem Quellungsstadium des Körnerplasmas eigenthümliche Differenzirung vorhanden ist, irgend eine Veränderung. Es zeigt daher das gesammte Körnerplasma, auch nach seinem Uebergang in den differenzirten Zustand ein Verhalten, welches, wenn wir von bestimmten Eigenthümlichkeiten der Organisation absähen, mit demjenigen eines starren von zahlreichen Höhlungen durchsetzten Körpers, verglichen werden könnte.

Da die Flüssigkeit, welche nach Beginn der Resorption des Körnerplasmas den Mittelraum der Zelle erfüllt, nicht reines Wasser, sondern jedenfalls eine Lösung von Stoffen ist, die vor der Keimung im organisirten Zustande in der Zelle enthalten waren, so dürfte aus Gründen der Analogie gefolgert werden, dass diese Innenlösung auch ihrerseits dazu beitragen wird, dass zwischen dem Inhalt und der Zellhaut, gerade so wie in anderen vegetativen Zellen, eine aus dem Zellenturgor sich ergebende Spannung zu Stande komme.

Nehmen wir nun an, dass sich in einer solchen den Zellsaft enthaltenden Zelle der ursprüngliche Turgor verringere. Unter diesen Verhältnissen werden die Hautschichtsäcke, nach Massgabe des noch immer auf die, sie bedeckenden Aleuronkörner wirkenden Druckes und ferner ihrer eigenen Imbitionsfähigkeit, ihr bis dahin vielleicht ganz unterdrücktes Quellungsvermögen äussern können. Dadurch wären nun die Bedingungen erfüllt, unter denen überhaupt eine Ansammlung des Secretes in dem,

von dem Stärkekorn nicht erfüllten Raum der vergrösserten Alveole zu Stande kommen könnte. Wir haben nun zwischen den beiden Möglichkeiten zu entscheiden, ob das in die Höhlung eindringende Secret der eigenen oder der benachbarten Zelle entstammt. — Während meiner Untersuchungen bin ich zu keinerlei Anhaltspunkten, die zu einer directen Entscheidung der auf die Herkunft des Secretes Bezug habenden Fragen führen könnten, gelangt; gleichwohl glaube ich aus einigen Umständen auf indirectem Wege, eine Erklärung des fraglichen Gestaltungsvorganges ableiten zu können.

Das Secret, möge nun dieses im Zellsaft oder im Körnerplasma oder in der peripherischen Hautschicht gebildet werden, ist in keinem Theile des Inhaltes, vor seinem Austritt in die Zellhäute und in die Intercellulargänge nachweisbar. Ich erachte es daher als ausgemacht, dass das Secret erst nach seinem Durchgang durch die peripherische Hautschicht einen Complex von Eigenschaften erlangt, welche die Färbung der filtrirenden Zellhautflächen und die Beschaffenheit der intercellularen Producte bedingen. — Gerade in dieser Beziehung besteht zwischen der Secretion in unserem Falle und der Zellhautbildung unter Vermittlung der Hautschicht des Plasmakörpers einer wachsenden Zelle, eine unverkennbare Analogie. Man könnte sogar, um den Secretionsvorgang mit bekannten Erscheinungen in Parallele zu bringen, annehmen, dass gewisse Stoffe, welche die peripherische Hautschicht aus dem Körnerplasma erhält, erst in jener, auf das zur Ausscheidung gelangende Secret verarbeitet werden, wenigstens auf den Punkten, wo eine Secretion nach aussen und zwar in die Intercellulargänge erfolgt. Nun wird durch die zwischen die Zellhaut und die peripherischen Stärkekörner sich einschiebenden Hautschichtplatten ein Raum nach aussen abgeschlossen, innerhalb dessen, bis zu einem gewissen Zeitpunkt nach begonnener Resorption des Körnerplasmas, ein durch die Druckverhältnisse des Inhaltes bedingter activer Druck nicht zu Stande kommen kann. Man könnte nun annehmen, dass gerade diese, die Alveole des Stärkekornes nach aussen abschliessende Hautschichtplatte, die unmittelbar in die peripherische, dem Körnerplasma anliegende hyaline Umgrenzung übergeht, dieselbe Befähigung zur Secretbildung besitzt wie die Theile

derselben, welche den, Intercellulargängen einschliessenden Wandstücken der Zellhaut anliegen.

Für diese so eben geltend gemachte Anschauungsweise, wonach die Cysten durch eine nach innen gerichtete, von dem der peripherischen Hautschicht und vom Hautschichtsacke gemeinsamen Stück ausgehende Secretion entständen, ist keine Wahrscheinlichkeit vorhanden, denn gerade an diesen Theilen der hyalinen Grenzschichten könnte eine Secretion unter Mitwirkung eines Druckes nicht erfolgen. — Alle Schwierigkeiten, die sich bei der Erklärung des fraglichen Gestaltungsvorganges aus dieser Annahme ergeben, werden durch eine andere beseitigt, durch welche die Herkunft des als Cyste dem Stärkekorn sich anlagernden Secretes, in die Nachbarzelle verlegt wird. Diese Annahme hat mir die bereits angegebene Infiltration des gänzlich desorganisirten Vollzelleninhaltes, mit einer, dem intercellularen Secret jedenfalls ganz gleichen Substanz nahe gelegt. Dadurch ist die Frage, ob die, zwei benachbarte Parenchymzellen trennende Wand in allen ihren Schichten für das unter gewissen Umständen zur Abscheidung gelangende Secret permeabel sei, im positiven Sinne entschieden und die wichtigste zunächst in Betracht kommende Vorfrage erledigt. Nun sind, wenn man die aus dem Bau des differenzirten Körnerplasmas sich ergebenden Verhältnisse in Betracht zieht, gerade die über die Alveolen der peripherischen Stärkekörner gespannten Theile der Zellhaut diejenigen Stellen derselben, welche in dem Fall, dass sich in der Nachbarzelle keine diesem Zellhautstücke anliegende Alveole befindet, einen nur einseitigen Druck erfahren können. Für diesen ist jedoch keineswegs der Turgor der Zelle massgebend, welcher die Alveole angehört. Es entspricht nämlich in Hinsicht der Druckverhältnisse der Theil der Scheidewand, welchem nur von einer Seite eine peripherische Alveole anliegt, dem, an einen Intercellularraum angrenzenden Theil der Zellhaut. Durch die Organisationsverhältnisse des Körnerplasmas, welche meines Erachtens auf die Herstellung druckfreier Räume im Körnerplasma hinzielen, wären demnach die Bedingungen erfüllt, unter denen eine Secretabscheidung, auch durch einen engbegrenzten Theil der zwei lebensthätige Zellen trennenden Scheidewand, in den Innenraum der das Ausschei-

dungsproduct aufnehmenden Zellen, erfolgen könnte. Demgemäss wäre also die Entstehung der Cyste auf einen, mit der Ausscheidung der extracellularen Secrete wesentlich analogen Vorgang zurückzuführen, wenn auch hierbei, der Natur der Sache nach, eine Complication von Ursachen im Spiele ist, die bei einer nach dem Intercellularraum gerichteten Secretion, gänzlich wegfallen.

Diese im Vorhergehenden geltend gemachte Vorstellung, von den Beziehungen zwischen der secretorischen Thätigkeit der Zellen und den Vorgängen, auf denen die Bildung der Cysten beruht, findet ihre nähere Begründung in folgenden Thatsachen:

Es ist einmal nicht zu verkennen, dass in vielen Fällen, wo die Cyste eine intensive gelbe Färbung besitzt, sehr häufig ein Stoff von derselben Beschaffenheit als Infiltration, in den im Bereiche der Cyste befindlichen Theilen der Zellhaut auftritt. (Fig. 7, 15.) Dies kann ich nur so deuten, dass gelegentlich kleine Mengen des in die Alveole eindringenden und in dieser erhärtenden Secretes, in dem angrenzenden Theile der Zellhaut zurückbleiben.

Ein ganz besonderes Gewicht glaube ich aber auf die Thatsache legen zu müssen, dass in den meisten Fällen, an den Punkten wo die Cyste der Zellhaut anliegt, weder der äussere Contour der ersteren, noch die der peripherischen Hautschicht entsprechenden Begrenzungslinien wahrgenommen werden können. Dort vermisse ich gleichfalls in sehr zahlreichen Fällen den inneren Contour der Zellhaut. Dies ist aus den Fig. 7, 14, 15 u. a. zu ersehen.

Ich erkläre mir diese Verhältnisse nun so, dass durch die Infiltration des unter der Ansatzstelle der Cyste befindlichen Theiles der Zellhaut und der peripherischen Hautschicht, mit dem cystenbildenden Secrete, die Bedingungen, auf denen die ursprüngliche Unterscheidbarkeit dieser an einander grenzenden Theile beruht, gänzlich verändert werden, und zwar auf die Weise, dass durch die Infiltration, welche nach einander die Zellhaut und der entsprechende Theil der peripherischen Hautschicht erfahren, die ursprünglich vorhanden gewesenen Dichtigkeitsunterschiede sich ausgleichen. Für das Zustandekommen eines derartigen Effectes wäre es ganz und gar nicht nothwendig, dass der in die Zelle eindringende Stoff ein höheres Lichtbrechungsvermögen

als die Zellhaut besitze, da eine scheinbare Verschmelzung des von der Cyste bedeckten Theiles der peripherischen Hautschicht, mit dem angrenzenden Zellhautstücke, auch dann erfolgen müsste, wenn in Hinsicht des Lichtbrechungsvermögens, zwischen dem infiltrirenden Stoff und der Substanz der Zellhaut kein Unterschied bestände. So könnte auch die Infiltration mit einem um Vieles schwächer lichtbrechenden Stoffe ursächlich einen rein optischen Effect bedingen, welcher, in dem der Wirklichkeit entsprechenden Falle, sich aus der Anwesenheit eines Stoffes in den beiden Schichten der Zelle ergibt, dessen Lichtbrechungsvermögen dasjenige der Zellhautsubstanz nicht unerheblich übertrifft.

Aus angegebenen Gründen gewährt die Ansatzstelle der Cyste einen Anblick, als ob die Zellhaut ohne Unterbrechung in die Substanz der Cyste überginge. In manchen Fällen wird jedoch unter der Ansatzstelle der Cyste, bei genügender Anstrengung des Auges eine ohne Unterbrechung unter dieser hinwegziehende dunkle Linie bemerkbar, die, wie ich vermuthe, der nicht vollständig infiltrirten Hautschichtplatte angehört. Wo ich diese dunkle Linie vermisste sah ich häufig an Stelle dieser kleine, wie Spalten aussehende Hohlräume, über deren Bedeutung ich mir kein Urtheil bilden konnte. (Fig. 14, 15, 17.)

Die auffälligste Folge der Infiltration des der Hautschichtplatte anliegenden Zellhautstückes und der ersteren, mit dem die Cyste bildenden Stoffe ist die, dass das Neugebilde ohne Vermittlung eines anderen Vehikels der Zellhaut fest anliegt. In nicht gänzlich erschöpften, durch den Schnitt geöffneten Zellen, sind die Cysten die einzigen Inhaltskörper, die in der Zelle zurückbleiben, wenn es auch gelungen ist die übrigen in das Untersuchungsmedium fortzuschaffen.

Ein weiteres Argument für die von mir vertretene Auffassung, dass die Cyste dem in der Alveole angesammelten, von der Nachbarzelle abgeschiedenen Secrete gebildet wird, gründe ich auf das überaus häufige Vorkommen dem Stärkekorn einseitig anliegender kappen- oder schüsselförmiger Neugebilde. In diesem Falle ist eine unvollständige Einkapselung der Stärkekörner vorhanden. (Fig. 21.) Mit derartigen Anlagerungen versehene Stärkekörner theilen, wenn sie während der Entleerung des betreffenden Reservestoffbehälters von dem auflösenden Zellsaft

erreicht werden, das Schicksal der übrigen Stärkekörner. Während der Auflösung dieser peripherischen Stärkekörner dringt nun in dem Masse, als das Volum derselben kleiner wird, zwischen das Stärkekorn und die Schüssel das bereits körnig aussehende Plasma ein. (Fig. 21, 22.) Ich will es dahingestellt sein lassen, ob die Auflösung dieser unvollständig encystirten Stärkekörner immer an Ort und Stelle erfolgt. Aus Gründen der Analogie dürfte wohl die Vermuthung zulässig sein, dass wenigstens gelegentlich, während der centrifugal fortschreitenden Lösung des Körnerplasmas, einzelne Stärkekörner aus den Schüsseln heraus- und in den Zellsaft hineinfallen, wo ihre Auflösung mit den übrigen erfolgt. — In den Fällen, wo die Auflösung der Stärkekörner auf ihrer ursprünglichen Lagerstätte vor sich geht, ist in dem eingedrungenen Plasma sehr oft noch ein kleines Rudiment des Stärkekornes zu bemerken. (Fig. 23, 24, st.) — Die Kappen der Schüsseln sind der Zellhaut in der Weise angelagert, dass jene der letzteren immer ihre convexe Seite zuwenden. Ich kann ferner als Regel angeben, dass diese Neugebilde immer nur den der Zellhaut zugewandten Theil der Oberfläche des Stärkekornes bedecken; auf der inneren Seite der Stärkekörner finden sich, wie ich auf das Bestimmteste angeben kann, nie derartige Anlagerungen. Wenn solche auf diesen Punkten vorkämen, so müssten dieselben nach vollendeter Resorption des Inhaltes, in der Zelle als frei liegende Gebilde auftreten. Dies ist absolut nie der Fall, es sind vielmehr alle, in derselben Weise wie die geschlossenen Kapseln, an der Zellhaut befestigt.

Die Entstehung der in Rede stehenden Gebilde wäre nun so zu erklären, dass der Zufluss des in die Alveole eines peripherischen Stärkekornes eindringenden Secretes, aus der einen oder anderen Ursache bevor noch eine gänzliche Einhüllung des Stärkekornes zu Stande kommen konnte, eine Unterbrechung erfährt. Dadurch muss das als Kappe oder Schüssel erscheinende Neugebilde die Form beibehalten, welche auch die allseitig geschlossenen Cysten, jedenfalls beim Beginne ihrer Bildung besitzen. — Aus der Betrachtung dieser nicht ganz angelegten Cysten, die auf dem Querschnitt mondsichelförmig aussehen, ergibt sich mit voller Gewissheit, dass wir es hier mit einer, als Flüssigkeit in die Zelle von aussen eingedrungenen Substanz zu thun haben,

durch welche entweder ein, zwischen der Hautschichtplatte und dem Stärkekorn schon vorhanden gewesener, oder erst während des Eindringens des Secretes entstehender Zwischenraum ausgefüllt wird. Wäre das Letztere zutreffend, so könnte angenommen werden, dass das Stärkekorn durch das in der Alveole sich ansammelnde Secret, von der Hautschichtplatte abgedrängt wird. Dies wäre möglich und wahrscheinlich, wenn überhaupt Bedingungen vorhanden sind, die den Übertritt des in der Nachbarzelle gebildeten Secretes, in die betreffende Alveole ermöglichen.

Die Frage, ob das von einer filtrirenden Zelle gebildete Secret in die peripherische Alveole einer benachbarten Zelle eindringen kann, erachte ich nach dem Allen im positiven Sinne für entschieden. Die thatsächlich erfolgende Infiltration eines Zellhautstückes, welche an analoge Vorgänge bei Vollzellen erinnert, ferner die erwähnten Veränderungen der optischen Eigenschaften der Hautschichtplatte und die Art der Befestigung der Cyste können wohl kaum in anderer Weise gedeutet werden. Dieser eigenthümliche, die nach aussen gerichtete Filtration, begleitende Process einer Neugestaltung im Lumen der das Secret aufnehmenden Zelle, kann selbstverständlich nur so lange andauern, als das in die Alveole sich ergiessende Secret von dieser Seite keinen grösseren Druck erfährt als derjenige ist, unter dem sein Austritt aus der filtrirenden Zelle erfolgt. Es werden daher zunächst alle aus der Organisation des differenzirten Protoplasmas sich ergebenden Verhältnisse, die zur Herstellung eines druckfreien Raumes in der Alveole beitragen könnten, den Vorgang der Encystirung eines peripherischen Stärkekornes beeinflussen müssen. Solche Bedingungen sind nun nach vollendeter Quellung, und selbst auch nach bereits begonnener Entleerung der Reservestoffbehälter für die Alveolen der peripherischen Stärkekörner vorhanden. Es könnte daher das Secret sich zunächst in dem Raum ansammeln, welcher sich aus nicht vollständiger Erfüllung des Alveolenraumes durch das Stärkekorn ergibt. Eine derartige, auf jeden Fall nur sehr unerhebliche Ansammlung des Secretes könnte ebensowenig, wie eine noch etwas weiter gehende, zur Bildung dünner, ganz geschlossener Cysten führende Infiltration des Alveolenraumes,

die Anordnung der Aleuronkörner im Bereiche des Neugebildes verändern.

Ich vermuthe jedoch, dass die Secretablagerung in den peripherischen Alveolen in Hinsicht der quantitativen Verhältnisse, namentlich bei der Bildung sehr voluminöser Cysten, wo nicht unbeträchtliche Mengen des Secretes aus der filtrirenden Zelle in die benachbarte hinüberfliessen, noch durch Umstände anderer Art beeinflusst werden. Wir haben es nämlich in unserem Fall mit einem Parenchymgewebe zu thun, in dem Turgorwirkungen, wie in einem aus sehr dehnbaren Zellhäuten zusammengesetzten Gewebe, nicht im Entferntesten zu Stande kommen. Die Annahme, dass die Zellhaut der Reservestoffbehälter auch nach dem Erscheinen des Zellsaftes, durch den Turgor in eine nur geringe Spannung versetzt wird, kann daher jedenfalls als eine mögliche und wahrscheinliche angesehen werden. Nun sind aber innerhalb eines derartigen der Turgorausdehnung nicht unterliegenden Gewebes, namentlich dann, wenn Zelllagen durch einen Schnitt freigelegt wurden, wegen der auf der Wundfläche erfolgenden Verdunstung, Turgorverschiedenheiten zwischen den einzelnen Zellen, innerhalb ziemlich weiter Grenzen denkbar, und a priori gar nicht unwahrscheinlich. Denn wenn wir annehmen, dass zwei im unmittelbaren Verbande befindliche Zellen durch irgend eine Ursache, die eine Turgorveränderung bewirken könnte, in einem ungleichen Masse afficirt werden, so müsste, wenn die sie trennende Scheidewand einen entsprechend hohen Grad von Dehnbarkeit besässe, diese gegen die Zelle, in welcher die grössere Turgorverminderung zu Stande gekommen ist, sich hinüberwölben. Dadurch würde nun allerdings auch in der anderen Zelle eine weitere Turgorverringerung zu Stande kommen. Es würden jedoch hierbei, die aus der Verschiedenheit des Turgors sich ergebenden Differenzen auf ein viel geringeres Mass beschränkt bleiben, als in dem Falle, wo die Scheidewand vermöge ihrer nur geringen Dehnbarkeit, bei den vorhandenen nicht ausgiebig genug wirkenden Turgorkräften, der Wirkung eines einseitigen stärkeren Druckes einen grösseren Widerstand entgegensetzt. Bei unserem Objecte könnte

eine Turgorverringerung aus zweierlei Ursachen resultiren, einmal ist es die Verdunstung auf den Wundflächen und anderseits vielleicht die Secretbildung, welche, wie ich schon früher bereits bemerkt habe, wohl nur die mangelnde auf Zelltheilungen beruhende Callusbildung zu ersetzten hat. Nun vollziehen sich aber die Infiltrationsvorgänge nicht so schnell, als dass durch dieselben der Transpirationsverlust sofort auf ein, durch die Thätigkeit der Wurzel, leicht zu deckendes Minimum herabgesetzt werden könnte. Bis zu dem Zeitpunkt, in welchem bereits erhebliche Secretmengen in die Intercellulargänge, die sie einschliessenden Wände, und in das Desorganisationsproduct der Vollzellen eingedrungen sind, müsste das Gewebe, wenn auch in immer schwächerem Grade, einen Verlust an Wasser erleiden und zwar zunächst diese Partie desselben, wo eine möglichst grosse Steigerung des Turgors von entschiedenem Vortheil sein könnte. Dies betrifft die in der Nähe des Vollzellenbeleges befindlichen Zellen, die bei den auf Druckfiltration beruhenden Vorgängen, durch welche sie in so hohem Grade in Anspruch genommen sind, nur so lange mitwirken können, als der Turgor nicht unter jenes Mass gesunken ist, von welchem das Zustandekommen einer auf Druckfiltration beruhenden Secretion, bei den gegebenen Organisationsverhältnissen der betreffenden Zellen, abhängt. Da nun für das uns beschäftigende Gewebe die Möglichkeit einer Ausgleichung der Turgorverschiedenheiten, wie in einem aus dehnbaren Zellhäuten bestehenden Gewebe, wohl kaum zugestanden werden darf, so müssten in unserem Falle bis zu dem Zeitpunkte, in welchem sich der Einfluss der Infiltration geltend machen kann, gewisse Zellen in einem weniger turgescenten Zustande, als die von der transpirirenden Wundfläche entfernteren befinden. In Folge der auf der Wundfläche stattfindenden Verdunstung würden die Zellhäute der intact gebliebenen, im Bereiche der Wunde befindlichen Zellen ihren Verlust an Wasser zum Theil durch dasselbe des Inhaltes decken, und zwar wäre der Grad bis zu welchem der Inhalt dabei in Anspruch genommen würde, durch die mehr oder weniger ausgiebige Zufuhr des Wassers in das Gewebe des Parenchyms, durch die Thätigkeit der Wurzel und der zuleitenden Gewebe bedingt, daher auch von allen Umständen, welche die Aufnahme des Wassers aus dem Keimungs-

substrate beeinflussen, abhängig. — Wie ich im letzten Capitel der vorliegenden Abhandlung darthun werde, ist der Bestand des Körnerplasmas gefährdet — möge nun dieses in einem dem Quellungsstadium entsprechenden Differenzirungszustande oder nach begonnener Resorption, nur mehr als Wandbeleg in den Zellen enthalten sein — wenn der Verlust an Wasser, der im letzteren Fall wohl mit einer Turgorverringerung gleich bedeutend ist, eine bestimmte Grenze überschreitet. Unter diesen Verhältnissen, kann sogar eine vollständige Desorganisation des Körnerplasmas zu Stande kommen, wobei dasselbe für immer die Fähigkeit verliert, bei erneuerter Wasserzufuhr in den differenzirten Zustand überzugehen. Nun müssen die in der Nähe der Wundfläche befindlichen Zellen das zu ihrem Schutze nothwendige Secret erzeugen, und dieses in ihre Umgebung ausscheiden. Der letztere Vorgang ist ohne Mitwirkung eines Druckes von entsprechender Höhe unmöglich und gerade in dieser Beziehung befinden sich die Zellen, welche durch die Secretbildung in Anspruch genommen sind, in der ungünstigsten Lage, da hier der Transpirationsverlust dem die Secretabscheidung bedingenden Turgoreffecte entgegenwirkt. Ferner müsste die Abscheidung des Secretes nach aussen, in einem jeden Falle die möglicherweise schon zu Stande gekommene Turgorverringerung noch steigern. Es wäre daher gewiss zweckmässig, wenn die Zellen der tieferen Parenchymschichten oder selbst die der filtrirenden Gewebeschicht, welche vermöge ihrer Lage durch alle die Secretabscheidung beeinflussenden Umstände in einem minder hohen Grade afficirt sind, bei der Ausgleichung der Turgorverschiedenheiten mitwirkten oder in irgend einer Weise zur Erhöhung des in anderen Zellen bereits gesunkenen Turgors beitragen würden. — Und dies könnte, meines Erachtens, bei den aus der Beschaffenheit der Zellwände sich ergebenden Organisationsverhältnissen der Erbse, durch die Infiltration der Alveolen, also durch die Cystenbildung erreicht werden, wenn auch durch diesen Vorgang gewisse Stärkekörner ihrer Bestimmung entzogen werden müssten.

In Hinsicht der uns beschäftigenden Frage bin ich zu einer Vorstellung gelangt, für welche die vorstehenden Erwägungen massgebend waren und die, wie ich offen bekenne, sich aus

teleologischem Gesichtspunkte ergaben. Es musste ja das constante Auftreten der Cysten unter ganz bestimmten Verhältnissen den Gedanken nahe legen, dass wir es hier nicht mit abnormen, zu den biologischen Eigenthümlichkeiten unseres Objectes in keinerlei näheren Beziehungen stehenden Neugestaltungen, sondern im Gegentheil mit solchen zu thun haben, denen wie Inhaltskörper der Zellen überhaupt eine Bedeutung für die Lebensvorgänge der Reservestoffbehälter, während ihrer Erschöpfung zukommen muss. — Ich will nun in Kürze andeuten, zu welchen Consequenzen die bereits vorgebrachte auf die physikalischen Eigenschaften der Zellhäute unseres Objectes basirte Annahme führt, und welche Rolle, bei der Herstellung eines Zustandes in gewissen Zellen unseres Objectes, welcher sowohl die Bedingungen für die Vitalität derselben, als auch für das Zustandekommen der Filtration in sich einschliesst, den Cysten zufällt.

Denken wir uns, es wäre in einigen Zellen, zwischen der Wundfläche und den von dieser entfernteren Partien des Gewebes, eine Turgorverringerung zu Stande gekommen, und dass diese in anderen Zellen derselben Schicht auf ein geringeres Mass beschränkt blieb. Unter diesen Verhältnissen könnte aus den letzteren Zellen nach allen Richtungen des geringsten Widerstandes die Secretausscheidung erfolgen, also auch in die Alveolen peripherischer Stärkekörner benachbarter Zellen, in denen bereits eine Verringerung des Turgors zu Stande gekommen ist. Das nach und nach herüberfliessende Secret, müsste nun in den das Secret aufnehmenden Zellen, einen allmälig sich steigernden Turgor bewirken. So könnte nun eine Zelle, in der die Callusbildung ersetzenden Vorgänge vielleicht schon ganz sistirt waren, vom Neuen den Impuls zur Secretabscheidung erhalten. Es könnten so dieser Zelle gewissermassen Verhältnisse zu Gute kommen, unter denen sich die, das cystenbildende Secret absondernde Zelle befindet, wenigstens für so lange, als die Turgorverschiedenheiten fortbestehen, und bis nicht diese durch eine ausreichende Infiltration der Umgebung für immer unterdrückt würden. — In einem durchaus h o m o g e n e n Parenchymgewebe von der Eigenschaft des uns beschäftigenden, müsste die Cystenbildung in den von der Wundfläche entfernteren Partien des Gewebes beginnen, und von hier, gegen die Wundfläche fortschreiten, da in den

Zellen, deren Turgor durch die Transpiration nur schwach afficirt wurde, für eine ausgiebigere Secretbildung günstigere Bedingungen als in den Zellen vorhanden sind, die sich im Bereiche der Wundfläche befinden. Es würden sich also die Zellen der durch die Filtration in Anspruch genommenen Schicht gegenseitig die Befähigung zur Cystenbildung, und auch den Impuls zur weiteren Secretion ertheilen. Dass die Bildung der Cysten in dem Parenchym der Erbse in derselben Richtung wie in dem idealen, aus durchweg gleichartigen Zellen bestehenden Gewebe fortschreiten könnte, ist, wie schon a priori zu erwarten, unwahrscheinlich, und damit ist auch eine Verificirung der vorgebrachten Hypothese, durch einen den Verhältnissen im idealen Gewebe entsprechenden Befund, unmöglich gemacht. Denn in unserem Objecte sind schon durch die Lage der Zellen Verschiedenheiten gegeben, die nicht ohne Einfluss auf das Erscheinen der Cysten innerhalb der filtrirenden Gewebeschicht bleiben werden. So wird z. B. eine Zelle in der Nähe eines Gefässbündelzweiges jedenfalls auch vor dem Zustandekommen des durch das Secret gebildeten Verschlusses, vor einem grösseren Wasserverlust in einem höheren Masse geschütz sein, als eine entferntere Zelle. Auch ist es denkbar, dass die erstere, bei der unter anderen Umständen vielleicht nur wenig günstigen Lage, wegen der Nähe des wasserzuführenden Gewebes, das zur Encystirung der im Bereiche derselben befindlichen peripherischen Stärkekörner erforderliche Secret abscheiden könnte.

Von diesem Gesichtspunkte aus den Vorgang der Cystenbildung betrachtet, müsste die Secretansammlung in der Alveole eines peripherischen Stärkekornes, als ein Vehikel angesehen werden, durch welches die Wiederherstellung solcher Turgorverhältnisse erfolgt, wie sie einmal der Bestand des noch nicht resorbirten Theiles des Körnerplasmas, und anderseits die Secretion voraussetzen.

Dieser leitenden Annahme zu Folge, müsste die Secretansammlung in dem Zeitpunkt unterbrochen werden, in welchem der Druck, den das in die Alveole eingedrungene Secret, von Seite der das letztere aufnehmenden Zelle erfährt, demjenigen das Gleichgewicht halten würde, unter dem die Abscheidung des cystenbildenden Secretes erfolgt. Es müssten daher alle Umstände,

welche für das Zustandekommen einer Turgorerhöhung, resp. einer Turgorverringerung massgebend sind, die Vorgänge in beiden, durch die Cystenbildung in so eigenthümliche Beziehungen tretenden Zellen, im entgegengesetzten Sinne beeinflussen.

Wenn die von mir geltend gemachte Auffassung in Bezug auf die Bedeutung der Cysten zutreffend ist, so könnte gefolgert werden, dass eben durch das Eindringen des Secretes in die Alveolen der Nachbarzelle die Bedingungen, die anfänglich den Zufluss des Secretes begünstigten, in einem späteren Zeitpunkt verändert werden. Denn es könnte unter Umständen schon beim Beginne des Secretzuflusses eine Turgorsteigerung in der das Secret aufnehmenden Zelle erfolgen, die, so unerheblich sie auch wäre, vielleicht gerade ausreichen könnte, um die zum Stillstand gekommene Secretabscheidung in die angrenzenden Intercellulargänge und Vollzellen auf's Neue anzuregen. Und gerade dies würde einem weiteren Sinken des Turgors entgegenwirken und den Zufluss des Secretes aus der Nachbarzelle nach Massgabe der zu Stande gekommenen Turgorerhöhung beschränken. In diesem Sinne könnten sich die bei der Cystenbildung, in der das Secret abgebenden und dieses aufnehmenden Zelle, thätigen Vorgänge, indem sie für die Menge des eindringenden cystenbildenden Secretes massgebend sind, sich gegenseitig regeln.

Der Eintritt des Secretes in die Zelle, in welcher dieses als Material für die Cyste Verwendung finden soll, erfolgt immer nur auf einem engbegrenzten, der Hautschichtplatte anliegenden Theile der Zellhaut, und durch diesen in die Alveole des späterhin encystirten Stärkekornes. Dies sind die einzigen Räume im Lumen der das Secret aufnehmenden Zelle, in denen eine Ansammlung des von der Nachbarzelle gelieferten Productes erfolgt. In dieser Beziehung kann ich als sichergestellte Thatsache hinstellen, dass das Eindringen des Secretes an Stellen der Zellhaut, unter denen sich Aleuronkörner befinden, absolut nie stattfindet. Und dies wäre ein directer Hinweis darauf, dass Druckdifferenzen allein, die immerhin zu beiden Seiten der je zwei Zellen gemeinsamen Wand bestehen könnten, für den Eintritt des Secretes in e i n e dieser Zellen nicht massgebend sind, und dass die Bedingungen, unter denen die alveolare Infiltration zu Stande

kommen kann, jedenfalls nur in den uns bereits als druckfrei bekannten Räumen des Körnerplasmas realisirt sind.

Es stellt sich nun uns die Frage: ob irgend welchen Eigenthümlichkeiten des Baues des Körnerplasmas eine Bedeutung für die Entstehung der voluminösen Cysten eingeräumt werden darf. — Diese Frage glaube ich, unter specieller Berücksichtigung einer kaum auszuschliessenden Mitwirkung des Hautschichtsackes an dem in Rede stehenden Vorgang, im bejahenden Sinne beantworten zu müssen. Meines Erachtens sind für die Infiltration, der von dem Hautschichtsacke peripherischer Stärkekörner eingeschlossenen Räume, aus der Organisation des Körnerplasmas sich ergebende Bedingungen vorhanden, wenn überhaupt zwischen den einzelnen Zellen der filtrirenden Gewebeschicht erheblichere Turgordifferenzen zu Stande kommen. Bei einer Druckverminderung im Inhalte einer lebensthätigen Zelle müsste nämlich der peripherische, schliesslich von dem Secret erfüllte Hautschichtsack, sich von der Oberfläche des Stärkekornes abheben, da der peripherische Hautschichtsack unter diesen Verhältnissen, sein bis daher unterdrücktes Quellungsvermögen äussern könnte. — Ich habe darauf bereits in meiner ersten Abhandlung hingewiesen und auf das ganz differente Verhalten dieser hyalinen Schichten unter Verhältnissen, wo eine Druckwirkung in der Zelle zu Stande kommen kann und für den Fall, dass diese ausgeschlossen sind, aufmerksam gemacht. — Dieser Quellungsvorgang ist entschieden, als ein die alveolare Infiltration begünstigendes Moment aufzufassen. Denn es wäre unter diesen Verhältnissen, für das Eindringen des Secretes in den zwischen dem Stärkekorn und seinem Hautschichtsacke entstehenden Zwischenraum bei seinem Austritt aus der filtrirenden Nachbarzelle, nur der in dieser vorhandene Druck massgebend, nicht aber die Druckdifferenz zwischen beiden Zellen, wie in dem Falle, wenn der Übergang des Secretes auf allen Punkten der gemeinsamen Scheidewand erfolgte.

Das durch die Turgorverminderung bedingte Ausdehnungsstreben des Hautschichtsackes ist jedoch ein begrenztes, denn es wird der in Folge der Volumvergrösserung der hyalinen Umkleidung sich steigernde Druck im Inhalt in immer höherem Grade der Imbitionskraft desselben entgegenwirken. Es könnten sich

auf diese Weise beide Kräfte unter Umständen in das Gleichgewicht setzen. Bis zu diesem Zeitpunkt müsste unausgesetzt das Secret nachströmen, da dieses durch die Imbitionskraft des Hautschichtsackes anfänglich der Wirkung des Turgors in der das Secret aufnehmenden Zelle gänzlich entzogen ist. Nun müsste aber der Druck, unter welchem sich das in die Zelle eindringende Secret befindet, das Ausdehnungsstreben noch unterstützen und so müsste während der Infiltration eine Volumvergrösserung desselben über jenes Mass hinaus zu Stande kommen, welches nicht überschritten werden könnte, wenn die Infiltration unterblieben wäre. Es würde somit von dem Zeitpunkt an, in welchem die Imbibitionskraft des Hautschichtsackes für seine Volumvergrösserung nicht mehr ausreicht, die Infiltration des von ihm eingeschlossenen Raumes, als das Vehikel in Action treten, welchem in dem bereits angegebenen Sinne, eine bestimmte Betheiligung an den Lebenserscheinungen der Zellen zufallen müsste.

Die Möglichkeit, dass der Hautschichtsack durch das eindringende Secret sogar eine passive Dehnung erleidet, kann ich nicht zugeben, da ich sonst annehmen müsste, dass der Druck in der das Secret abscheidenden Zelle allein schon ausreicht, um dieses in die Alveole fortzuschaffen. Dem widerstreitet die Thatsache, dass der Übergang des Secretes nur auf solchen Punkten stattfindet, für welche auf alle Fälle, das Eindringen des Secrets begünstigende Einrichtungen, als bestehend angenommen werden müssen. — Ferner bliebe es, von diesem Gesichtspunkt aus die Entstehung der Cysten betrachtet, absolut unerklärbar, warum das Eindringen des Secretes in die Zelle nie an Punkten erfolgt, wo die peripherische Hautschicht sich im unmittelbaren Contact mit Aleuronkörnern befindet.

Die Frage, ob während der Anlegung voluminöser Cysten, sich aus der Anordnung der im Bereiche derselben vorhandenen Aleuronkörner, irgend welche den Zufluss des Secretes begünstigende Bedingungen in dem Masse, wie bei der Entstehung der bereits beschriebenen kappenförmigen Anlagerungen ergeben könnten, kann ich nicht einmal eine Vermuthung aussprechen. Meine Untersuchungen sind eben in Betreff dieses Punktes lücken-

haft geblieben, obwohl als ausgemacht angesehen werden darf, dass auch den Cysten von grossen Dimensionen anfänglich Verhältnisse zu Gute kommen, die überhaupt für das Zustandekommen der druckfreien Räume im Körnerplasma massgebend sind. A priori ist es übrigens gar nicht unwahrscheinlich, dass die Imbitionsfähigkeit des Hautschichtsackes bei der Anlegung der Cysten erst dann zur Geltung kommt, wenn die Anordnung der Aleuronkörner im Bereiche der sich noch vergrössernden Cyste, durch die Resorption des Körnerplasmas eine Veränderung erfahren hat, also im Zeitpunkt, wo nur der basale Theil der Cyste von Aleuronkörnern umgeben ist. Wäre dies thatsächlich der Fall, so dürfte es nicht unwahrscheinlich sein, dass die Cyste, für deren weitere Ausbildung nun die Imbitionsfähigkeit des Hautschichtsackes allein massgebend ist, immer tiefer in den Zellsaft eindringt, so dass jede Möglichkeit einer erheblicheren Veränderung der ursprünglichen Lagerungsverhältnisse der Aleuronkörner im noch nicht resorbirten Theile des Körnerplasmas, ausgeschlossen sein würde. Dies könnte selbstredend nicht der Fall sein, wenn die Cyste bis zu ihrer vollendeten Ausbildung im nicht resorbirten Theile des Körnerplasmas eingeschlossen bliebe.

An das Vorangehende will ich anhangsweise das Detail anreihen, welches auf einige bisher nicht berücksichtigte habituelle Eigenthümlichkeiten der Cysten Bezug hat.

Die kappenförmigen Secretablagerungen und die voluminösen Cysten sind Extreme, welche miteinander durch alle nur denkbaren Zwischenformen verbunden sind. (Fig. 25.) — Ob auch die, in den Fig. 9, 11, 12 abgebildeten Cysten, in denen offenbar theilweise resorbirte Stärkekörner eingeschlossen sind, der ersteren Kategorie angehören, konnte ich mit Sicherheit nicht entscheiden, da es unter Umständen nicht leicht ist, sich Gewissheit über das Vorhandensein kleiner Zugänge in das Lumen der Cyste oder das Fehlen derselben zu verschaffen. Der Umstand, dass in beiden Cysten Theile des Plasmakörpers der Zelle nicht vorhanden waren, ist an sich noch kein Moment, welches für den geschlossenen Zustand der betreffenden Cysten

sprechen würde, denn es ist denkbar, dass der Eintritt des Plasmas in das Lumen der Cyste unterbleibt, wenn etwa vorhandene Öffnungen sehr klein sind. Auch hat ferner die Resorption des in derartigen Cysten eingeschlossenen Stärkekornes, meines Erachtens, keineswegs den offenen Zustand der Cyste zur Voraussetzung. Denn es beruht ja die Auflösung der Stärkekörner nicht auf einer Contactwirkung des lebensthätigen Plasmakörpers, da jene auch für unser Object, wie dies die Untersuchungen von v. Gorup-Bezanez[1] über das diastatische Ferment in den Wicken ausser Zweifel stellen, mit der Einwirkung einer Fermentlösung in Zusammenhang gebracht werden muss. Es ist nun anzunehmen, dass diese Lösung entweder vermöge der Permeabilität der Substanz der geschlossenen Cyste oder unter Vermittlung sehr kleiner Öffnungen, auf das eingeschlossene Stärkekorn seine Wirkung zu äussern vermag. Wäre die erstere dieser Möglichkeiten, die auf die physikalische Beschaffenheit der Cystensubstanz Bezug hat richtig, so müsste angenommen werden, dass eben in dieser Hinsicht zwischen den Cysten nicht unerhebliche Verschiedenheiten bestehen, so dass nach Massgabe dieser günstigere und ungünstigere Bedingungen, für die intacte Erhaltung der Stärkekörner innerhalb geschlossener Cysten vorhanden sein können.

Die in Fig. 11 abgebildete Cyste ist insofern nicht ohne Interesse, als sie deutlich erkennen lässt, dass hier die Auflösung des Stärkekornes begonnen hat und auch bereits ziemlich weit vorgeschritten ist, bevor noch die Erhärtung des cystenbildenden Secretes erfolgte. In diesem Fall konnte also der formbestimmende Einfluss des Stärkekornes auf die Gestaltung des Lumens der Cyste nicht zur Geltung gelangen und es ergibt sich die Sculptur derselben wohl nur daraus, dass nach dem Entstehen des Zwischenraumes ein noch weiterer Zufluss des Secretes stattgefunden hat, wobei eine gleichmässige Ausbreitung derselben nicht erfolgte.

In der weitaus grösseren Anzahl der Fälle ist die Oberfläche der Cyste auf ihrem optischen Durchschnitt durch einen scharfen Contour abgegrenzt. Verhältnisse, wie sie die Fig. 9 zur An-

---

[1] Bot. Zeitung 1875, S. 564.

schauung bringt, sind ziemlich selten. Hier lässt der Rand der Kapsel eine Beschaffenheit erkennen, die wohl nur dadurch bedingt sein kann, dass die Substanz derselben gelegentlich der Einwirkung in der Zelle enthaltener Agentien unterliegt, die, wenn auch nicht die vollständige Auflösung, so doch an der Oberfläche Arrosionen bewirken können. Es sei übrigens mit Rücksicht auf diesen Punkt bemerkt, dass ich eine derartige Beschaffenheit der Oberfläche bisher nur an farblosen Cysten constatiren konnte. Dies würde unmittelbar darauf hinweisen, dass in Betreff der stofflichen Beschaffenheit, zwischen gelben und farblosen Cysten Differenzen bestehen, die nicht nur für die Färbung, sondern auch für den Grad der Resistenzfähigkeit derselben bestimmend sind.

In nicht sehr zahlreichen Fällen treten zu beiden Seiten der je zwei Zellen gemeinsamen Scheidewand, auf correspondirenden Punkten Cysten auf, wie dies in der Fig. 26 dargestellt ist. Unter den, in Betreff der Entstehung der Cysten geltend gemachten Gesichtspunkten, müsste angenommen werden, dass die Anlegung dieser Cysten ungleichzeitig erfolgte, wobei die betreffenden Zellen von einem gewissen Zeitpunkt an, ihre Rollen vertauschten: es wurde die anfänglich das Secret aufnehmende Zelle zur secernirenden. Dies würde aber voraussetzen, dass die Hautschichtplatten, welche die beiderseitigen Alveolen nach aussen abschlossen, sich nicht genau deckten, was jedenfalls nicht unwahrscheinlich wäre.

In dem in Fig. 25 dargestellten Falle hat eine Zelle, zur Bildung von Cysten in beiden benachbarten Zellen beigetragen.

Die Reservestoffbehälter im Zustande der höchsten Erschöpfung.

Lange vor dem Verschwinden der im Zellsaft befindlichen und in diesem allmälig sich auflösenden Stärkekörner, tritt an die Stelle des früheren differenzirten Plasmas, vor dessen gänzlicher Resorption, ein plasmatischer Wandbeleg, welcher in allen wesentlichen Punkten mit demjenigen gewöhnlicher vegetativer Zellen übereinstimmt. Es verschwindet mit dem in demselben befindlichen Zellkern, wenn die Resorption bei ihrem Schlussacte

angelangt ist. — An der Aussenseite des Wandbeleges ist die ursprüngliche, membranartige peripherische Hautschicht nicht vorhanden. Diese wird resorbirt, bevor noch die Aleuronkörner aus dem Plasma gänzlich verschwunden sind.

Dieser letzte, nun als Wandbeleg erscheinende Überrest des ursprünglichen Plasmas der Reservestoffbehälter, geht continuirlich auf alle während der Keimung angelegten Cysten über so dass eine geschlossene Cyste in diesem Stadium der Resorption zwischen den Wandbeleg und die Zellhaut eingeschoben erscheint. (Fig. 7.) — Die Fig. 27 soll die analogen Verhältnisse mit Bezug auf die kappenförmigen Anlagerungen der Stärkekörner zur Anschauung bringen. In diese dringt der Wandbeleg — wie dies Carminpräparate so überzeugend darthun — schon vor gänzlicher Auflösung des betreffenden Stärkekornes ein. (Fig. 21, 22.)

Für den Zeitpunkt des Erscheinens des frei entstehenden Zellkernes, in dem als Wandbeleg vorhandenen Plasma, ist einzig und allein der Erschöpfungsgrad des letzteren massgebend. Es vollzieht sich nämlich der Vorgang der freien Kernbildung, erst nach dem gänzlichen Verschwinden der Aleuronkörner. Es hat für mich in dieser Beziehung den Anschein, als würden sich beiderlei geformte Inhaltskörper gegenseitig ausschliessen.

Der Grad, bis zu welchem die Resorption der im Zellsaft befindlichen Stärkekörner vorgeschritten ist, ist hierbei ohne jede Bedeutung. Ich habe oft bereits kernhaltige Zellen gesehen, in deren Zellsaft erhebliche Mengen nicht aufgelöster Residuen der Stärkekörner vorhanden waren.

In der Fig. 28, *a* — *f*, habe ich die allergewöhnlichsten Formen dieser Zellkerne abgebildet. Hier sei noch bemerkt, dass diese Zellkerne, entsprechend dem Charakter des nicht theilungsfähigen Gewebes, immer nur in Einzahl auftreten. — Die Zellkerne übertreffen in Hinsicht der Fähigkeit Carmin aus der Tinctionsflüssigkeit aufzunehmen und dieses in ihrer Substanz anzuhäufen, das Plasma des Wandbeleges in so hohem Grade, dass eben die angewandte Untersuchungsmethode zur Verdeutlichung des Details auf welches ich gleich zu sprechen kommen werde, wesentlich beiträgt.

An tingirten Zellkernen erscheint eine dünne peripherische Zone von hyaliner Beschaffenheit immer ungefärbt, als ganz farbloser, continuirlicher Saum. Die innere Masse des Zellkornes besitzt im gehärteten Zustand, bei der Untersuchung nicht tingirter Präparate, eine schwach granulirte Beschaffenheit, die durch die Tinction etwas verdeckt wird. — Im tingirten Zustand tritt das Kernkörperchen mit der grössten Deutlichkeit hervor. In diesem macht sich nach der Tinction oft ein dunklerer Farbton bemerkbar. — In Betreff des zuletzt hervorgehobenen Details verweise ich auf die Fig. 28.

Sehr häufig steckt der Zellkern entweder mit seiner ganzen Masse oder mit einem Theile derselben in einer, in seinem unmittelbaren Bereiche befindlichen, localen Anhäufung des Plasmas. (Fig. 28, *a**.)

Das Auftreten des Zellkernes ist an keinen bestimmten Punkt der Zelle gebunden, denn ich finde denselben 1. in dem der Zellhaut anliegenden Theil des Wandbeleges, 2. auf irgend einem Punkte der Oberfläche sowohl geschlossener als auch offener Cysten. — Im letzteren Falle ergreift der Zellkern nach Beseitigung des Stärkekornes, möge dies nun durch Auflösung desselben an Ort und Stelle oder durch Hineinfallen desselben in den Zellsaft erfolgt sein, oft Besitz von der Partie des Wandbeleges, welche die concave Fläche, des wie eine Schüssel aussehenden Neugebildes bedeckt. Darüber sind die Fig. 29—32 nachzusehen.

Unter gewissen Umständen können die Lagerungsverhältnisse der Zellkerne im Bereiche offener Cysten, die irrthümliche Vorstellung erwecken, als ob gelegentlich sogar Zellkerne mit einem Theile des Wandbeleges, durch den eigenthümlichen Encystirungsvorgang in Mitleidenschaft gezogen würden. Ich fiel in diesen Irrthum, als ich zum ersten Mal, bevor mir noch das Vorkommen offener Cysten bekannt war, den Fig. 31, 32 entsprechende Bilder zu sehen bekam, und ich die schüsselförmigen Anlagerungen für geschlossen ansah. In den beiden der dargestellten Fälle, hatten die Cysten eine derartige Lage, dass ihre Ränder sich in der Ebene des Gesichtsfeldes befanden. Bei dieser Lage musste natürlich das in Wirklichkeit schüsselförmige Secretionsproduct das Aussehen einer allseitig geschlossenen

Cyste besitzen. Und diesen täuschenden Anschein gewähren die Cysten dieser Kategorie namentlich dann, wenn dieselben bei symmetrischer Ausbildung, an Zellwände des Präparates befestigt sind, die horizontal oder doch in nur wenig geneigter Lage verlaufen. Eine richtige Deutung der in Rede stehenden Verhältnisse wurde mir erst dann möglich, als ich die in den Fig. 29, 30 abgebildeten Cysten mit dem, ihrer inneren Oberfläche anliegenden Zellkern zu Gesichte bekam. Die Lage in welcher sich diese Cysten befanden, gestattete sofort die fraglichen Beziehungen des Zellkernes zu der Cyste mit Sicherheit zu beurtheilen, da hier der Contour der dem Zelllumen zugewandten Appertur der offenen Cyste mit der grössten Deutlichkeit wahrgenommen werden konnte. — Dass Zellkerne unseres Objectes gelegentlich ihre Wohnung in eigenthümlichen Gehäusen aufschlagen war für mich, zumal beim Beginn meiner Untersuchungen, einigermassen überraschend. — Ausserdem waren auch Vorkommnisse anderer Art geeignet, meine Aufmerksamkeit auf den Zellkern der erschöpften Zellen zu lenken, da diese auf ein Verhalten desselben hinwiesen, welches meines Wissens bisher an Zellkernen nicht beobachtet wurde. Dies betrifft so mannigfache Gestaltsveränderungen des ursprünglichen, in seiner Form nichts Besonderes darbietenden Zellkernes, dass es mir fast unmöglich ist, alle in irgend einer Beziehung prägnanteren Derivate desselben einlässlicher zu beschreiben. Statt dessen erlaube ich mir den Leser auf eine, die Fig. 33 umfassende Musterkarte zu verweisen, welche einer grösseren Anzahl von mir entworfener Zeichnungen entnommen, nur die auffälligeren Typen derselben illustriren soll. — Hätte ich derartige Gebilde, die genetisch mit dem ursprünglichen Zellkern zusammenhängen, nur in nach der gewöhnlichen Methode angefertigten Präparaten gesehen, so würde ich mit Rücksicht auf die leichte Veränderlichkeit der Objecte dieser Kategorie nicht den geringsten Anstand genommen haben, diese Inhaltskörper, als während der Anfertigung und Beschickung der Präparate entstandene Artefacte anzusprechen.

Ich habe derartige Gebilde auch in Präparaten aus frischem Material, die ich im Wasser untersuchte ebenfalls gesehen; nur ist der Bestand derselben unter diesen Verhältnissen von einer sehr

kurzen Dauer. Einige derselben zerfallen sofort in einen sich im Inhalt ausbreitenden körnigen Detritus, während andere durch Quellung ziemlich weitgehende Formveränderungen erfahren. Im letzteren Falle wird die Masse des Kernes zunächst schwächer lichtbrechend, wobei die Körnchen derselben sich gegen die Peripherie der bisher nur wenig gequollenen Masse des Kernes zurückziehen. Nach kurzer Zeit bricht nun aus der inneren Masse des noch die ursprünglichen Contouren zeigenden Kernes, eine doppeltcontourirte Blase hervor, die sich schnell, jedoch nur bis zu einer bestimmten Grenze vergrössert. Der Inhalt dieser, den innersten Partien des Kernes entstammenden Blase, ist eine hyaline, schwach lichtbrechende Substanz von augenscheinlich derselben Beschaffenheit, wie die, die das Innere des veränderten Kernes erfüllt. Diese Beschaffenheit des Inhaltes, der Blase erhält sich nur durch sehr kurze Zeit, da an Stelle dieses, ein solcher von körniger Beschaffenheit tritt. Gleichzeitig erfolgt nun eine sehr erhebliche Schrumpfung der Blase, die nun ein deutlich collabescirtes Aussehen erhält. Unterdessen sind am Kern noch weitere Veränderungen erfolgt; er ist noch schwächer lichtbrechend geworden und es erscheint seine Masse nach aussen durch eine hyaline Zone begrenzt, welche continuirlich in die Hülle des zusammengeschrumpften Bläschens übergeht. Jetzt ist der Unterschied, der früher in Hinsicht der Beschaffenheit der Blase und der Kernmasse bestand, ganz unterdrückt. Man sieht nun ein Gebilde vor sich, welches in Wasser keiner weiteren Veränderung mehr fähig ist und sich von dem ursprünglichen Kern, abgesehen von den geänderten Lichtbrechungsverhältnissen, auch in Betreff der Gestalt nicht wenig unterscheidet. Da die geschrumpfte Blase jetzt als integrirender Theil des Kernes erscheint, so ist sie durch ihre Gestalt, für diejenige des Desorganisationsproductes bestimmend.

Durch Alkohol werden bei der vorbereitenden Härtung der Cotyledonen, die in Rede stehenden Gebilde in einem Zustand fixirt, welcher vollkommen mit demjenigen übereinstimmt, in dem dieselben bei der Untersuchung frischer Schnitte in Wasser, vor dem Beginn der auf Quellung oder Zerfall beruhenden Veränderungen, uns entgegentreten.

Vor gänzlicher Erschöpfung der Zellen, so lange diese im Zellsaft noch Stärkekörner enthalten, finde ich im Wandbeleg nur Kerne von der gewöhnlichen Form. Daraus ziehe ich den Schluss, dass die in Rede stehenden Gebilde erst nachträglich und zwar im Zeitpunkt der höchsten Erschöpfung der Zellen aus dem ursprünglichen Kern derselben hervorgehen. Ich habe diese veränderten Kerne immer nur in bereits entstärkten Zellen gesehen, in denen überdies der Wandbeleg oft auf eine so dünne Schicht reducirt war, dass ich mir oft erst durch Jodtinctur Gewissheit über das Vorhandensein desselben verschaffen konnte. Diesen so auffälligen Veränderungen unterliegen die ursprünglichen Kerne, meinen bisherigen Erfahrungen zu Folge, immer nur in der grosszelligen, mittleren Schicht des Parenchymgewebes, wo auch die früher vorhandenen normalen Zellkerne, durch grössere Dimensionen, als in den übrigen Partien der Cotyledonen ausgezeichnet sind.

Die Frage, ob diese mit einer höchst auffälligen Volumvergrösserung verbundenen Veränderungen der ursprünglichen Kerne, die nach keiner Richtung hin etwas Abweichendes darbieten, auf Rechnung eines kurzandauernden selbstständigen Wachsthums, oder einer unter dem Einflusse des lebensthätigen Protoplasmas des Wandbeleges erfolgenden Quellung zu setzen sei, muss ich für jetzt als offen dahingestellt lassen, da ich Nichts beobachtet habe, was die eine oder andere Annahme unterstützen könnte. — Schliesslich sei nur noch bemerkt, dass die erwähnte hyaline, nicht tinctionsfähige Zone der normalen Zellkerne, auch an ihren Derivaten, die einen offenbar dem ursprünglichen Kernkörperchen entsprechenden Einschluss enthalten, stets mit Deutlichkeit gesehen wird.

In den erschöpften Parenchymzellen von Cotyledonen unseres Objectes, die zum Behufe der Härtung der Einwirkung des Alkohols ausgesetzt waren, fand ich sehr häufig eigenthümliche, erst während dieser Behandlung entstandene Inhaltskörper. Es sind dies einmal, einer körnigen Substanz aufsitzende, zu Drusen vereinigte, nadelförmige Krystalle von nicht näher bestimmbarer Form wie in Fig. 34, 35, oder Gebilde von kugelförmiger oder nur

abgerundeter Gestalt, die theils aus homogener Masse bestehen, theils, wie in den Fig. 36 *a—d*, von zahlreichen mit schwach lichtbrechender Substanz erfüllten Hohlräumen durchsetzt sind. Die Substanz der Inhaltskörper beider Kategorien ist entweder farblos oder schwach gelblich tingirt. — Ich habe das mikrochemische Verhalten sowohl der Drusen als auch der kugeligen, amorphen Körper geprüft. Die dabei sich ergebenden Reactionen, ferner das im gleichen Masse, sowohl den krystallinischen als amorphen Gebilden im eminenten Grade innewohnende Vermögen Carmin aus seiner Lösung aufzunehmen und in ihrer Substanz dauernd zu fixiren, führen mich zu dem Schlusse, dass wir es in beiden Fällen mit Eiweisssubstanzen zu thun haben, die im Stadium der Erschöpfung der Zellen, durch Alkohol in diesen niedergeschlagen werden.

Ich habe die drusenförmigen Gebilde im polarisirten Licht untersucht und es zeigte sich hierbei, dass die Nadeln doppeltbrechend sind, aus welchem Grunde eine jede Druse im dunklen Gesichtsfeld mit einem Kreuze bezeichnet ist, dessen Arme sich unter einem rechten Winkel im Centrum derselben durchschneiden. Es ist also kein Zweifel, dass diese anscheinend krystallinischen Gebilde die Attribute der Krystalloide besitzen und in die Kategorie dieser gestellt werden müssen.

In den Zellen erschöpfter Cotyledonen sind im frischen Zustand weder Drusen noch die mit ihnen in stofflicher Beziehung übereinstimmenden, amorphen kugeligen Körper vorhanden und es muss daher ihr Erscheinen mit bestimmten, durch die Einwirkung des Alkohols bedingten Veränderungen im Zellinhalte zusammenhängen.

Das Auftreten der Drusen und der Kugeln ist immer ein derartiges, dass in gewissen Zellen die ersteren, in anderen die letzteren enthalten sind. Die gegenseitige Ausschliessung innerhalb derselben Zellen kann ich als Regel bezeichnen.

Die Umstände, welche das Erscheinen der Drusen bedingen, weisen mit Bestimmtheit darauf hin, dass in den Zellen eine krystalloidbildende Substanz ursprünglich als Lösung vorhanden ist, aus welcher durch Alkohol die besagten Inhaltskörper niedergeschlagen werden. — Über das Vorhandensein solcher krystalloidbildender Stoffe, aus welchen unter analogen Umstän-

den wie in unserem Fall, ursprünglich nicht vorhanden gewesene Inhaltskörper zur Ausscheidung gelangen, liegen bereits mehrere Angaben vor. Dies hat Bezug auf die zunächst von Cramer entdeckten, der Kategorie der Krystalloide angehörigen Vorkommnisse bei den *Florideen*, die zum Theil ebenfalls unter dem Einflasse wasserentziehender Mittel, wie Kochsalzlösung und Alkohol entstehen.[1]

Die krystalloidischen und amorphen Niederschläge werden immer aus dem Zellsaft abgeschieden; sie schwimmen dann entweder frei im Zellsaft, oder sie lagern sich wie in dem in Fig. 35 dargestellten Falle, der inneren Oberfläche des Wandbeleges an. — Ein überaus seltener Fall ist in Fig. 37 abgebildet. Hier wurden die nadelförmigen Elemente, die fast immer das Bestreben zeigen, sich zu kugeligen Aggregaten zu gruppiren, auf die Oberfläche eines im Zellsaft befindlichen Stärkekornes niedergeschlagen, und zwar so regellos, dass eine bestimmte Anordnung derselben nicht zu Stande kommen konnte.

Das Erscheinen der Drusen ist ein ungleich häufigeres, als das der kugeligen Körper. Die ersteren werden ferner in dem, für den Zellsaft bestimmten Binnenraum der Zelle, oft in so grosser Menge ausgeschieden, dass dieser von den krystalloidartigen Körpern ganz erfüllt ist. Ein so massenhaftes Vorkommen der amorphen Körper habe ich bisher noch nicht beobachtet. — Die geformten Niederschläge beider Kategorien erscheinen gewöhnlich in Einzahl, in welchem Falle sie sich durch sehr beträchtliche Dimensionen auszeichnen, die sich aber auffällig verringern, wenn in einer Zelle mehrere individualisirte Drusen oder amorphe Kugeln niedergeschlagen werden.

Meinen Beobachtungen zu Folge bewirkt die Härtungsprocedur nur in den gestreckten, grossen Paremchymzellen der mittleren Gewebeschicht das Entstehen der geformten Niederschläge und zwar in der Regel erst dann, wenn der Einwirkung des Alkohols nahezu vollständig erschöpfte Cotyledonen unterworfen werden, in deren Zellen das ursprüngliche Plasma auf

---

[1] Ich befinde mich leider nicht in der Lage von den, auf diesen diesen Gegenstand sich beziehenden Arbeiten von Cramer, Cohn und Klein Einsicht nehmen zu können, und ich muss mich hier darauf beschränken, auf die betreffende Stelle im Lehrbuch von Sachs, IV. Auflage, S. 52, zu verweisen.

einen Wandbeleg und Kern reducirt ist. Die Zellen, in denen ich das Erscheinen der Drusen und Kugeln beobachtete, waren in der Regel bereits ganz stärkefrei und ich muss die Fälle, auf welche die Fig. 37 Bezug hat, als Ausnahme bezeichnen. In einem jeden Fall erscheinen die in Rede stehenden Niederschläge erst nach gänzlicher Resorption der Aleuronkörner.

Aus dem so eben Gesagten wäre nun abzuleiten, dass der Zellsaft der Reservestoffbehälter kurz vor ihrer gänzlichen Erschöpfung, eine tiefeingreifende Veränderung seiner Zusammensetzung erfährt. In dieser Hinsicht sind a priori zwei Annahmen möglich und wahrscheinlich. Es kann einmal die Entstehung geformter Niederschläge in einem sehr späten Stadium der Resorption damit zusammenhängen, dass erst in diesem Zeitpunkt im Zellsaft Stoffe erscheinen, die durch Alkohol in so eigenthümlicher Weise ausgeschieden werden. Ausserdem wäre aber auch die Annahme gestattet, dass die Lösungen, deren Anwesenheit im Zellsaft das Erscheinen der Drusen und Kugeln bedingt, schon beim Beginn der Resorption und in allen Stadien derselben in diesem vorhanden waren, und dass andere Stoffe von differenter Qualität die Einwirkung des Alkohols auf die ersteren modificiren und ihre Ausscheidung verhindern. Wäre die letztere Annahme zutreffend, so müsste weiter gefolgert werden, dass diese die Einwirkung des Alkohols auf den Zellsaft modificirenden Stoffe, in einem bestimmten Stadium der Resorption entweder gar nicht mehr vorhanden oder durch weitere chemische Veränderung, für den fraglichen Vorgang ohne Bedeutung sind.

Das Auftreten der geformten Niederschläge beider Kategorien in dem von dem Zellsafte erfüllten Binnenraum, die constante Ausschliessung derselben unter einander, ferner die identische stoffliche Zusammensetzung derselben, legen mir die Vermuthung nahe, dass in gewissen Zellen der erschöpften Cotyledonen eine Lösung enthalten ist, die je nach Umständen im krystalloidischen oder amorphen Zustand ausgeschieden wird. Um diesen muthmasslichen Beziehungen zwischen den Drusen und den Kugeln durch eine Bezeichnung Rechnung zu tragen, erlaube ich mir für die amorphen Niederschläge den Namen: Sphaerokrystalloide in Vorschlag zu bringen.

Ich muss schliesslich noch auf Eines hinweisen. — Meine bisherigen Beobachtungen, über die im Vorangehenden beschriebenen Niederschläge, beziehen sich ausschliesslich nur auf Cotyledonen im Licht ausgekeimter Erbsen, in denen, sei es spontan oder in Folge von Verwundungen, die Vollzellbildung und die durch diese bedingten Veränderungen im Gewebe zu Stande gekommen waren. Aus diesem Grunde konnte ich im Laufe meiner Untersuchungen zu keinerlei Anhaltspunkten zur Aufhellung der Frage gelangen, inwieferne der Gehalt des Zellsaftes an krystalloidbildenden Stoffen mit den äusseren Bedingungen der Keimung im Allgemeinen, und mit der secretorischen Thätigkeit der Zellen im Besondern zusammenhängt.

Hypothese zur Erklärung der Ursachen der Desorganisation des Körnerplasmas der Erbse.

Es darf als ausgemacht angesehen werden, dass in dem aus Reservestoffbehältern bestehenden Parenchym unseres Objectes, irgend welche aus der Organisation desselben sich ergebende Einrichtungen vorhanden sein müssen, damit der Gehalt an Imbibitionswasser in dem Körnerplasma der einzelnen Zellen, auch im wassergesättigten Zustand des Gewebes sich nicht über ein gewisses Maximum erhebe, dessen Überschreitung die Desorganisation in jenem zur Folge haben müsste.

Die Grundidee aller derartiger organisatorischer Einrichtungen, durch welche dem noch nicht vital gewordenen Körnerplasma unseres Objectes, eine Beschränkung hinsichtlich der Imbibitionsfähigkeit auferlegt werden könnte, liesse sich daraus ableiten, dass das durch den imbibitionsfähigen Inhalt einer Zelle aufgenommene Wasservolum, so lange keine Druckfiltration stattfindet, nie grösser sein kann — wenn wir von der möglicherweise stattfindenden Verdichtung des Wassers in den Interstitien der Micellen absehen — als der Volumzuwachs des Innenraumes der Zelle. Der Letztere könnte als das directe Mass, für das von dem Inhalte imbibirte Wasserquantum angesehen werden. Es müssten daher alle, in einem zu entwerfenden idealen Organisationsplane aus dem Zusammenwirken entsprechender Factoren

genügen könnten, darauf hinzielen, dass der Innenraum der Zellen bei der Quellung unseres Objectes ein bestimmtes Mass der Grösse nicht überschreite.

Ich habe schon in dem ersten Theile der vorliegenden Untersuchungen darauf hingewiesen, dass zwischen den Volumverhältnissen der Zellhaut und dem Zustande innerer Differenzirung des Körnerplasmas im wasserimbibirten Zustande desselben eine bestimmte Beziehung besteht. Es ist nämlich das Volumen der Zelle, so lange das Körnerplasma seinen differenzirten Zustand inne hat, kleiner als dasjenige nach dem Zustandekommen der Desorganisation. Es muss daher folgerichtig angenommen werden, dass das Quellungsvermögen der Zellhäute unter den aus dem Gewebeverband sich ergebenden Bedingungen, auf irgend eine Weise beschränkt wird und zwar so, dass das Volumen, welches die Zellen eines als Ganzes quellenden Cotyledons erlangen, eben ausreicht, um den nach der Wasseraufnahme differenzirten Inhalt in sich aufzunehmen. — Ich muss ferner annehmen, dass das Plasma mit seiner peripherischen Hautschicht der Zellhaut dicht anliegt. Wäre dies nicht der Fall, so müssten zwischen dem Plasmakörper und der Zellhaut Lücken vorhanden sein, wie sie entstehen, wenn vorher mit Essigsäure behandelten Präparaten Wasser zugefügt wird.

Gegen die Annahme, dass zwischen der Zellhaut und der Hautschicht des Plasmas Lücken vorhanden sein könnten, sprechen auf das Entschiedenste mehrere Thatsachen und zwar zunächst die Art des Auftretens, der durch Druckfiltration aus dem Plasma der Reservestoffbehälter hervorgehenden Producte. Eine derartige Ausscheidung hat Bedingungen zur Voraussetzung, die nur bei ganz dichter Erfüllung des Lumens der Zelle durch das Plasma realisirt sein können; denn die Hautschicht besitzt wegen ihrer Imbitionsfähigkeit, vermöge welcher sie mit der Volumvergrösserung der Zellen gleichen Schritt hält, nicht im Geringsten die für das Zustandekommen eines Druckes im Plasma nöthige Eignung, und es muss daher zu diesem Zwecke nothwendig die Elasticität der Zellhäute in Action gesetzt werden. Ferner — und dies ist auch ein Argument von einiger Stärke — findet in keinem Falle ein Erguss des Filtrates auf der Aussenfläche der sich ergebenden Einrichtungen, die dem gedachten Zwecke

Hautschicht statt, so dass vom Secret erfüllte Räume zwischen der Zellhaut und der Hautschicht vorhanden wären.

Ein weiteres Argument gegen die Annahme, dass nach vollzogener Quellung des Samens die Zellhaut nur an einigen Punkten sich im Contact mit der peripherischen Hautschicht befindet, ist die Entstehung der Cysten, die in jeder der inneren Parenchymzellen erscheinen können. Die Entstehung dieser Neugebilde hat zur Voraussetzung, dass der vom Hautschichtsacke eingeschlossene und von dem zu encystirenden Stärkekorn erfüllte Raum, sich in unmittelbarer Berührung mit der Membran befinde, welche zunächst von dem in die Zelle eindringenden Secrete infiltrirt wird.

Es stellt sich nun folgende Frage: Durch welche Einrichtungen wird bei der Quellung des Parenchyms den Zellhäuten eine derartige Beschränkung auferlegt, dass in Bezug auf den Inhalt, nur Volumverhältnisse in dem angegebenen Sinne bestehen bleiben, da doch unter gewissen Verhältnissen die Zellhäute einer noch viel weiter gehenden Quellung fähig sind?

Man könnte geneigt sein, anzunehmen, dass dies durch die Verbindung des Parenchyms mit weniger quellungsfähigen Schichten, als welche die Epidermis und das Gewebe der Fibrovasalstränge angesprochen werden könnten, zu Stande komme. Ich glaube jedoch, dass sich kaum eine Thatsache auffinden liesse, die zu Gunsten dieser Annahme in das Gewicht fallen würde. Denn es ist einmal, eine Spannung zwischen dem Hautgewebe und dem Parenchym nicht vorhanden, da die Epidermis der Volumzunahme der inneren Parenchymmasse durch eigene Imbibitation folgt, ohne dass dieselbe hierbei durch ihre Elasticität in Anspruch genommen würde.

Auch die zweite Möglichkeit, dass nämlich die Fibrovasalstränge durch ihre physikalische Beschaffenheit und zwar durch ihre geringere Quellungsfähigkeit dazu beitragen, dass das Volum einzelner Zellen und demnach auch ganzer Cotyledonen bei der Quellung, ein durch die Organisationsverhältnisse des Protoplasmas zum Voraus bestimmtes Mass nicht überschreitet, ist meines Erachtens nicht annehmbar. Denn gesetzt diese Annahme wäre richtig, so müsste die Desorganisation unter allen Verhältnissen unterbleiben, so lange an der ursprünglichen Anordnung der Theile des Gefässbündelsystems Nichts verändert wurde.

Dies ist der Fall, wenn durch einen in entsprechender Richtung geführten Schnitt, nach Entfernung der Epidermis, und den äussersten Schichten des Grundgewebes angehöriger Gewebepartien, Zelllagen freigelegt werden, in welche Gefässbündelendigungen nicht hineinreichen. Und dennoch hat dieser Eingriff innerhalb aller der Schnittfläche unmittelbar angrenzenden Zellen dieselben Veränderungen zu Folge, wie sie sich überhaupt aus der Aufhebung des Gewebeverbandes ergeben.

Durch diese Gründe werde ich zur Annahme gedrängt, dass die Einrichtungen, durch welche die beschränkte Volumzunahme der Zellen bei der Quellung ursächlich bedingt ist, in die einzelnen Zellen verlegt sind; dass ferner so lange die im ursprünglichen Gewebeverbande realisirten Bedingungen bestehen, diese allein ausreichen, um das Zustandekommen eines Effectes zu bewirken, wie er sich auch aus der Verbindung mit Gewebeschichten von differenter Beschaffenheit ergeben könnte.

Für die Beurtheilung dieser Organisationsverhältnisse des Parenchyms ist die Thatsache von Wichtigkeit, dass die unter bekannten Umständen erfolgende, von der Desorganisation des Protoplasmas begleitete Volumvergrösserung der Zellen, nach verschiedenen Richtungen mit ungleicher Intensität erfolgt. Dies lässt sich, wie ich glaube, aus dem Ergebniss des folgenden Versuches ableiten: Man zerschneide einen eben gequollenen Cotyledon durch einen auf die flache Berührungsfläche senkrechten Schnitt. Hierauf trenne man von der einen der so erhaltenen Schnittflächen eine Lamelle durch einen zweiten Schnitt ab, der jedoch nicht die flachen Seiten des abgeschnittenen Stückes erreicht. Ist die abgeschnittene Lamelle hinlänglich dick, so wird dieselbe unverletzte Zellen enthalten, deren Körnerplasma sich in einem verschiedenen Desorganisationsgrade befinden wird. Ich muss nun mit Rücksicht auf bereits vorgebrachte Thatsachen annehmen, dass gleichzeitig mit der Desorganisation, die zwischen beiden Schnittflächen befindlichen Zellen ihr Volum vergrösserten; ferner schliesse ich aus dem Umstande, dass die Höhe der Lamelle keine Vergrösserung erfährt und nach wie zuvor die zweite Schnittfläche genau deckt, dass die Volumzunahme der Zellen in einer

Richtung nach den Schnittflächen hin zu Stande gekommen ist. An den angegebenen Verhältnissen wird Nichts geändert, wenn das abgeschnittene Stück des Cotyledons sammt der ihm anhängenden Lamelle, ganz unter Wasser gebracht wird. Wie ich glaube, dürfte dieses Verhalten um so mehr ins Gewicht fallen, als die Bedingungen unter denen eine Zunahme der Höhe der abgetrennten Lamelle zu Stande kommen könnte, für diese viel günstiger sind, als für die Zellen der gegenüber liegenden Schnittfläche.

Untersuchen wir nun, welche Einrichtungen vorhanden sein müssten, damit ein, wie wir der Einfachheit wegen annehmen wollen, aus kubischen Zellen bestehendes, interstitienloses, ferner der Turgorausdehnung unfähiges, jedoch wegen der physikalischen Beschaffenheit der Zellhäute quellungsfähiges Gewebe, dieselben Eigenschaften erlange, welche meiner Meinung nach das Parenchym der Erbse besitzt. Es geht also unsere Aufgabe dahin, ein aus kubischen Zellen bestehendes Gewebe aufzubauen, welches die Vehikel, seiner bei der Wasseraufnahme stattfindenden Volumvergrösserung, in den aus quadratischen Platten bestehenden Wänden enthält, und vermöge der zu treffenden Einrichtungen mechanischer Natur, folgenden Anforderungen Genüge zu leisten hat:

1. Soll die Quellungsfähigkeit des Gewebes eine Grenze erreichen, bevor noch die Membranen ihr ganzes Quellungsvermögen äussern konnten, wobei ausgeschlossen ist, dass bei der Unterdrückung des Quellungsvermögens Gewebeschichten von differenter physikalischer Beschaffenheit mitwirken.

2. Soll das Bestehen der bei der Quellung erlangten Volumverhältnisse von analogen Bedingungen abhängig sein, wie im Parenchym der Erbse. Jeder auf Trennung der Zelle beruhende Eingriff, soll daher von einer Volumzunahme gewisser und zwar den Schnittflächen zunächst liegender Zellen begleitet sein.

Ich habe mehrere Annahmen, die dem idealen Organisationsentwurf zu Grunde gelegt werden, auf ihre Zulässigkeit geprüft; hierbei gelangte ich zum Resultate, dass auch ohne Mitwirkung passiv gedehnter Gewebsschichten die Bedingungen hergestellt

werden könnten, unter denen ein quellungsfähiges Gewebe in Hinsicht der Volumzunahme sich analog mit den Parenchymzellen der Erbsen verhalten müsste. Und dies könnte in unserem idealen Gewebe durch Organisationsverhältnisse erreicht werden, die darauf beruhen, dass die Kanten der kubischen Zellen, aus einem im nur geringen Grade dehnbaren, und ferner aus einem weniger quellungsfähigen Materiale, als der mittlere Theil der Zellhautflächen bestehen. — Denken wir uns nun, dass eine derartige isolirte Zellhautfläche, deren mittlerer Theil, gleichsam in einem aus differentem Stoffe bestehenden Rahmen eingeschlossen ist, Wasser imbibirt. Wenn durch anderweitige Organisationsverhältnisse einer Ausbiegung des mittleren Theiles der Platte vorgebeugt ist, so wird die Ausdehnung des mittleren Theiles auf ein Hinderniss treffen. Dies sind die weniger quellungsfähigen Seiten oder richtiger gesagt, die Ränder der Platte, die wegen der angenommenen geringen Dehnbarkeit von einem gewissen Zeitpunkt an, dem Ausdehnungsstreben des mittleren Theiles das Gleichgewicht halten werden. Es ist nun, wenn man die leitenden Annahmen berücksichtigt, leicht einzusehen, dass unter diesen Verhältnissen eine auf Quellung beruhende Vergrösserung der Platte bereits in einem Zeitpunkte sistirt ist, bevor noch der mittlere Theil der Platte an der Grenze seiner Imbibitionsfähigkeit angelangt sein wird. Wir wollen ferner, um von einfachen Voraussetzungen auszugehen, annehmen, dass die Imbition, resp. die Quellung auf allen Punkten des mittleren Theiles der Platte mit gleicher Intensität, und zwar in mit den Seiten parallelen Richtungen erfolgt. Dieser Annahme gemäss würde, wenn kein Hinderniss obwaltete, eine aus gleichartigem Material bestehende quadratische Platte in Folge der Quellung ihre Gestalt nicht verändern. — Um einer Ausbiegung der Platte während der Quellung vorzubeugen, müssten Einrichtungen getroffen werden, deren Princip sich aus dem im Baue der Scheidewände des Parenchyms der Erbse realisirten Organisationsverhältniss ableiten lässt. Hier besteht jede Scheidewand aus einer Mittellamelle, welcher sich rechts und links, zwei, den benachbarten Zellen angehörende Zellhautschalen anlegen, deren in einer zur Mittellamelle senkrechten Richtung zu beiden Seiten

der lezteren wirkenden Imbibitionskräfte sich das Gleichgewicht halten. Wir können dieses Organisationsverhältniss auf unsere quadratische Platte übertragen, indem wir annehmen, dass dieselbe aus einer dünnen Mittellamelle und zwei Platten bestehe, welche in ihrem Verhalten mit dem der genannten Zellhautschalen übereinstimmen.

Es ist nun leicht zu ermessen, dass eine quadratische Platte unter obigen auf ihren Bau Bezug habenden Voraussetzungen, bei der Quellung eine Gestaltsveränderung erfahren muss, die darin bestehen wird, dass sich die Seiten des Quadrates in Curven, die ihre Convexität dem Mittelpunkte der Platte zuwenden, biegen werden. Hingegen müsste in dem Falle, wenn zwei derartige in einer Ebene liegende Platten mit ihren Rändern verbunden wären, der aus den Randpartien beider Platten zusammengesetzte Verbindungsstreifen nach der Quellung gerade bleiben. — Wäre jedoch die Verbindung eine derartige, dass zwei Platten mit ihren Rändern unter einem rechten Winkel zusammenstossen, so würde in diesem Falle das der Kante entsprechende Verbindungsstück beider Platten sich ausbiegen, und zwar würde die Ausbiegung in einer Ebene erfolgen, welche mit beiden Platten Winkel von 45 Grad einschliesst. — Wird zu zwei in einer Ebene liegenden und mit einander in der bereits angegebenen Weise verbundenen Platten noch eine dritte von derselben Beschaffenheit hinzugefügt und zwar so, dass die letztere mit jeder der beiden anderen Winkel von 90 Grad einschliesst, so wird nach der Quellung die Kante, in welcher die drei Platten zusammentreffen, nicht gerade bleiben; es wird ihre Ausbiegung in einer Ebene erfolgen, welche durch die Richtung der dritten Platte bestimmt ist. Der Grad der unter diesen Verhältnissen zu Stande kommenden Ausbiegung wird jedoch aus naheliegenden Gründen geringer sein, als in dem Falle, wenn nur zwei Platten unter einem rechten Winkel verbunden wären. — Sind vier Platten mit ihren Rändern unter Winkel von 90 Grad mit einander verbunden, so werden sich die, in allen vier Platten bei der Quellung auf die gemeinsame Kante wirkenden biegenden Kräfte das Gleichgewicht halten; eine derartige Kante wird somit nach der Quellung gerade bleiben.

Denken wir uns nun, es hätte ein, zu einer einfachen Schicht vereinigter Complex kubischer, turgorloser Zellen, deren quadratische Wände die angegebene Beschaffenheit besitzen, Wasser imbibirt. Unter diesen Verhältnissen wird eine Volumvergrösserung, und eine durch die Ausbiegung der Aussenkanten bedingte Gestaltsveränderung der Zellen zu Stande kommen. Der Volumzuwachs wird jedoch für die einzelnen Zellen ungleich sein, da für diesen auch der Grad der Ausbiegung der Aussenkanten der idealen Zellschicht massgebend ist. In dieser Beziehung sind nun für die Randzellen günstigere Bedingungen, als für die inneren Zellen vorhanden denn es kann die Grösse der Ausbiegung nur in diesen Zellen ihr Maximnm erreichen und zwar dort, wo Kanten vorhanden sind, in denen zwei quadratische Seiten unter einem rechten Winkel zusammentreffen; es sind dies die vier, auf beiden Grundflächen senkrecht stehenden Kanten der Schichte und die einzelnen Stücke, aus denen die Seiten der beiden Grundflächen zusammengesetzt sind. — Zellkanten, in denen drei Flächen zusammenstossen, sind sowohl in der Randschicht, als im inneren Theil der idealen Zellschicht vorhanden, in welchem sich auch Zellkanten vorfinden, in denen vier Flächen unter rechten Winkeln zusammentreffen und die nach der Quellung gerade bleiben werden. Da nun die Ausbiegung der Aussenkanten der Zellen des inneren Theiles geringer ausfallen wird, als solcher Aussenkanten der Randschicht, wo nur zwei Flächen zusammentreffen und diese sogar an den inneren Zellkanten, die je vier Flächen gemeinsam sind, ganz unterdrückt ist, so wird die Volumzunahme der Zellen des inneren Theiles der Zellschicht kleiner sein, als die der Randzellen.

Denken wir uns nun, es wären mehrere solche Zellschichten übereinandergelegt und miteinander zu einem würfelförmigen oder parallelepipedischen Complex von kubischen Zellen verbunden und dass dieser Wasser imbibire. Die unter diesen Verhältnissen zu Stande kommende Volumzunahme des Ganzen, wird sich ebenso wie im früheren Fall, ungleichmässig auf die einzelnen Zellen des idealen Gewebekörpers vertheilen und zwar werden jetzt sämmtliche Zellen der inneren Masse in Betreff der Volumzunahme, im Verhältniss zu derjenigen der äussersten Schicht zurückbleiben.

Dabei sind jedoch die inneren Zellen des idealen Gewebekörpers nur an der Grenze, der unter den gegebenen Verhältnissen erreichbaren Volumzunahme angelangt, und es wird sich vermöge der Organisation, die jede Zellfläche in unserem idealen Falle besitzt, das noch vorhandene Ausdehnungsstreben in einer jeden inneren Zellschicht äussern können, wenn diese durch einen Schnitt freigelegt würde.

Zur Begründung dieser Anschauung, reicht das Verhalten einer in dem angegebenen Sinne organisirten Zellhautplatte nach dem Zerschneiden vollkommen aus. Denn wird eine solche Platte nach vollendeter Imbibition durch einen Schnitt in zwei Hälften getheilt, so muss in jeder derselben eine Verminderung der ursprünglich zwischen den Rändern der Platte und ihrem mittleren Theile vorhanden gewesenen Spannung erfolgen und wenn die Imbition fortdauert, eine Gestaltsveränderung der beiden Theilhälften zu Stande kommen; es werden sich nämlich die Schnitt-ränder der beiden Hälften in Curven biegen, welche, die beiden Hälften neben einander liegend gedacht, ihre Convexitäten sich zuwenden würden. Der mittlere Theil jeder Hälfte wird sich aber bei der nun möglich gewordenen weiteren Quellung nicht nur in einer zum Schnittrande senkrechten, sondern auch in einer mit diesem parallelen Richtung ausdehnen. Dies wird nun zur Folge haben, dass die durchschnittenen kürzeren Ränder jeder Theilhälfte auseinanderweichen werden, so dass jede Theilhälfte unter Umständen die Gestalt der abgewickelten Mantelfläche eines Kegelstutzes, wobei der gekrümmte Schnittrand, der Basis des letzteren entsprechen würde, erlangen könnte.

Wenn eine grössere Anzahl quadratischer Platten mit ihren Rändern zu einem langen Rechteck verbunden wäre, so würden sich nach vollzogener Imbibition die beiden kurzen Ränder und sämmtliche Stücke, aus denen die beiden längeren Seiten des Rechteckes zusammengeseszt sind, ausbiegen. Die Ränder mit denen die einzelnen Platten zusammenhängen, würden nur im mittleren Theil des Rechteckes parallel unter sich verlaufen, in der Nähe der beiden Enden des Streifens würden diese jedoch allmälig grösser werdende, convex nach aussen gerichtete Ausbie-

gungen zeigen, die an den freien Rändern der beiden Endglieder ihr Maximum erreichen müssten.

Würde man in einem derartigen streifenförmigen Complex ein Glied nach vollzogener Imbibition durchschneiden, so müssten in jedem Abschnitt desselben die erwähnten, durch die sich äussernde Quellungsfähigkeit des mittleren Theiles bedingten Veränderungen zu Stande kommen. — Unter den Verhältnissen wie sie im streifenförmigen Complex gegeben sind, müssten sich jedoch diese Veränderungen auch auf benachbarte Glieder fortpflanzen, denn es halten sich ja die von beiden Seiten eines jeden Randes, der zwei Platten gemeinsam ist, auf diesen wirkenden biegenden Kräfte das Gleichgewicht. Nach dem Durchschneiden eines Gliedes werden nun die biegenden Kräfte in jedem der beiden Abschnitte kleiner, während diese Kräfte in den nächsten Gliedern mit derselben Intensität fortwirken; es müsste daher nach dem Durchschneiden, der Rand den die durchschnittene Platte mit der nächsten gemeinsam hat, in einer Richtung nach der letzteren hin ausgebogen werden. Auch ist es einleuchtend, dass unter diesen Umständen dem mit der durchschnittenen Platte verbundenen Element die Möglichkeit geboten ist, durch Quellung seine Fläche zu vergrössern. Für die weiteren Glieder sind die Bedingungen, unter denen ein Flächenzuwachs zu Stande kommen könnte minder günstig; es wird in dieser Hinsicht zwischen dem neuen Endglied und den ersteren ein analoges Verhältniss, wie zwischen einem *freien* Endglied und den diesem zunächst liegenden Platten bestehen.

Ähnliche durch Flächenzuwachs bedingte Ausbiegungen ursprünglich gerader Ränder müssten auch nach Trennung eines tafelförmigen Complexes von Platten erfolgen, und zwar wären in diesem Falle, die an die durchschnittenen Platten unmittelbar angrenzenden Elemente diejenigen, in denen der Flächenzuwachs ein den Umständen angemessenes Maximum erreichen müsste.

Darnach lässt sich auch der Effect ermessen, der zu Stande kommen muss, wenn eine aus unsern idealen Zellen bestehende Platte oder aus letzteren bestehender vielschichtiger Complex, in irgend einer Richtung durchschnitten wird. In diesem Falle werden sich sämmtliche Kanten, die durchschnittenen Wänden angehören, in der Richtung gegen die Schnittfläche in Folge des

Flächenzuwachses ihnen anliegender, intact gebliebener Wände ausbiegen. Daraus wird nun eine Volumvergrösserung dieser Zellen resultiren. Es werden jedoch die Zellen der freigelegten Schicht, da in den durchschnittenen Wänden Imbibitionskräfte fortwirken, kleiner sein als die Zellen der freien Aussenflächen unseres idealen Zellencomplexes.

Ich will nun zeigen, dass durch einen auf dasselbe Princip basirten Bau eines Parenchymgewebes, dessen Zellen die Gestalt von Rhombendodekaedern besitzen, das aus der Imbibitionsfähigkeit der Zellwände resultirende Ausdehnungsstreben einzelner Zellen, ebenfalls unterdrückt werden kann. — Wenn eine Zellhautplatte von der Gestalt eines Rhombus eine derartige Organisation besitzt, dass die Imbibition nach allen Richtungen parallel den Seiten sich mit gleicher Intensität vollzieht, so wird durch die Quellung die Gestalt der Platte nicht verändert werden. Wir wollen nun wieder annehmen, dass eine derartige Platte von einem Rahmen eingefasst werde, dessen Seiten aus einem weniger quellungsfähigen und nur in geringem Grade dehnbaren Material bestehen. Es ist nun zunächst zu ermitteln, wie sich eine derartige isolirte Zellhautplatte bei der Quellung verhalten wird, wenn durch anderweitige und bereits für quadratische Platten als bestehend angenommen Organisationsverhältnisse, dem Ausbiegen derselben vorgebeugt ist. — In diesem Falle können die Imbibitionskräfte des mittleren Theiles der rhombischen Platte, deren Wirkung durch den Rahmen modificirt wird, unbeschadet dem Effecte derselben, durch *periphere*, *parallele Zugkräfte*, von unter einander gleicher Intensität ersetzt werden, wobei die Orientirung dieser Zugkräfte eine derartige ist, dass je zwei gegenüberliegende Seiten des Rhombus von Kräften, die nach entgegengesetzten, jedoch mit den beiden andern Seiten parallelen Richtungen wirken, ergriffen werden. Jede an den Seiten des Rahmens wirkende Zugkraft kann nun in zwei Componenten zerlegt werden und zwar in eine zur Seite des Rhombus senkrecht gerichtete und in eine, deren Richtung mit der Seite des Rhombus zusammenfällt. Die erstere Componente wirkt biegend, die andere hingegen ziehend auf die Seite des Rhombus. — Im Folgenden sollen die biegenden Componenten als *Verticalkräfte*, von den ziehenden *Seitenkräften* unterschieden werden.

Um zu einem Urtheil über die Formveränderung eines Rhombus von der angegebenen Beschaffenheit bei der Quellung zu gelangen, wollen wir zunächst die Punkte in das Auge fassen, in denen zwei Seiten des Rhombus zusammenstossen. Dieselben werden von je zwei Vertical- und je zwei Seitenkräften — die letzteren wirken in der Richtung der verlängerten Seiten — ergriffen, die sich durch eine Resultirende ersetzen lassen, die in die Richtung der verlängerten Diagonale fällt. Wir können nun diese Resultirende, durch deren Wirkung der Punkt, in dem je zwei Seiten des Rhombus, resp. des Rahmens zusammenstossen, nach aussen geschoben wird, durch eine von innen wirkende gleiche Druckkraft ersetzen, die in zwei Componenten in der Richtung der beiden betreffenden Seiten zerlegt werden kann. Ausser diesen Kräften wirken noch die übrigen, der einer jeden Zugkraft entsprechenden Seitenkräfte in der Richtung der Seiten des Rhombus, durch deren Wirkung die ersteren bei der Quellung ausgedehnt werden. Hieraus lässt sich nun der Antheil, der allen Kräften dieser Kategorie an der Formveränderung des Rhombus zufällt, bemessen, und zwar wird die Wirkung dieser Kräfte um so geringer ausfallen, in je höherem Grade das Material, aus welchem der Rahmen besteht, elastisch ist. Hingegen werden sich die Verticalkräfte insofern an der Formveränderung des Rhombus betheiligen, als durch ihre Wirkung die Seiten des Rhombus in Curven, die ihre Concavität dem Mittelpunkte desselben zuwenden, ausgebogen werden. — Wenn ich nun zwei solche gleichartige, in Rahmen von der angegebenen Beschaffenheit eingefasste, quellungsfähige rhombische Platten so miteinander verbinde, dass dieselben mit der, beiden gemeinsamen Seite des Rahmens, Winkel von 120 Grad einschliessen, so wird diese gemeinsame Seite in Folge der Quellung, von an jedem Punkte gleichen, biegenden Kräften, deren Richtungen in die Ebene beider Platten fallen, ergriffen. In diesem Falle müsste eine Ausbiegung der gemeinsamen Kante beider Platten erfolgen, und zwar durch die Wirkung der resultirenden Kräfte, deren Richtungen sämmtlich in eine Ebene fallen, die gegen jede der beiden Platten unter dem Winkel von 60 Grad geneigt ist. Es sind aber alle die Ausbiegung der gemeinsamen Kante bewirkenden Kräfte die Resultirenden der in beiden Platten auf jeden Punkt der

gemeinsamen Kante wirkenden Verticalkräfte und als solche grösser als jede der letzteren. Es müsste der Flächenzuwachs eines jeden der beiden Rhomben unter den genannten Umständen grösser werden, als wenn die Imbibitionskräfte in unverbundenen Platten zur Wirkung gelangten. — Eine drei derartigen, in Rahmen eingefassten, quellenden Membranen, die unter sich Winkel von 120 Grad einschliessen, gemeinsame Seite ihrer Rahmen, oder kürzer gesagt, gemeinsame Kante, wird nach der Quellung gerade bleiben; denn die biegenden Verticalkräfte greifen hier jeden Punkt der gemeinsamen Kante in Richtungen an, die in jeder dieser drei Ebenen, auf den betreffenden Punkt gefällten Perpendikeln entsprechen. Die drei Verticalkräfte, die auf jeden Punkt der gemeinsamen Kante einwirken, liegen in diesem Falle in einer Ebene mit Winkelabständen von 120 Grad untereinander. Diese Kräfte werden sich das Gleichgewicht halten. Eine Ausbiegung der gemeinsamen Kante, die sich unter allen Umständen nur aus der Wirkung der Verticalkräfte ergeben kann, wird unter angegebenen Voraussetzungen unterbleiben. Auch ist es klar, dass bei einer derartigen Zusammensetzung eines aus drei Platten bestehenden Complexes, der Flächenzuwachs jeder derselben kleiner ausfallen wird, als bei der Quellung einzelner oder in der bereits früher angegebenen Weise miteinander verbundener Platten.

Drei symmetrisch um einen Punkt vertheilte gleiche Kräfte, deren Richtungen dieser Voraussetzung gemäss untereinander Winkel von 120 Grad einschliessen, halten sich das Gleichgewicht, indem die Resultirende zweier Kräfte, gleich und entgegengesetzt ist der dritten Kraft. Würde in diesem Falle eine Kraft kleiner werden, so müsste eine Resultirende zu Stande kommen, deren Grösse durch die Differenz, zwischen der Intensität der Resultirenden der beiden unverändert gebliebenen Kräfte, und der Intensität der dritten Kraft gegeben ist. Unter diesen Voraussetzungen müsste somit die Bewegung des Punktes erfolgen.

Dies können wir auf jeden Punkt der drei Platten gemeinsame Kante übertragen, wenn die Intensitäten der Verticalcomponenten in einer Platte des uns beschäftigenden Complexes, oder was dasselbe ist, in einer Platte die Spannung zwischen

dem Rahmen und dem mittleren Theile sich verringern würde. Dies müsste nach dem Durchschneiden einer Platte erfolgen, da ja der quellungsfähige Theil derselben unter diesen Verhältnissen sein Ausdehnungsstreben bis zu einem gewissen Grade unbehindert äussern könnte. In unserem dreiplattigen Complex hätte das Durchschneiden einer Platte nun die Wirkung, dass sich die, bei ungeänderten Spannungsverhältnissen gerade bleibende Kante emporwölben würde, und zwar so, dass die durchschnittene Platte in die Verlängerung der Mittelebene des hervorgezogenen Theiles fallen würde.

Ich kann nun um ein Rhombendodekaeder mehrere derselben auf die Weise gruppiren, dass an einem centralen Rhombendodekaeder, sämmtliche Kanten der Durchschnittslinie je dreier, unter dem Winkel von 120 Grad gegen einander geneigter Flächen entsprechen werden. Es ist nun leicht zu ermessen, wie sich ein derartiger Complex von Polyedern bei der Wasserimbibition verhalten wird, wenn jede Fläche, resp. Kante derselben die bereits angegebene Beschaffenheit besässe. Die freien Aussenkanten des Polyedercomplexes, wo je zwei Flächen zusammenstossen, werden sich nach aussen emporwölben, hingegen werden solche Aussenkanten, wo drei Flächen zusammentreffen, gerade bleiben. Das Letztere wäre auch an sämmtlichen Kanten des centralen Polyeders der Fall, dessen Volumzunahme bei der Quellung des ganzen Complexes, kleiner als die der äussern Polyeder ausfallen würde.

Durch die Vereinigung einer noch grösseren Anzahl von Rhombendodekaedern wären die Bedingungen hergestellt, unter denen auch die Volumzunahme einer grösseren Anzahl derselben, bei der Quellung eine Beschränkung erfahren müsste. Dabei werden sich die peripherischen Polyeeder analog mit den 12, um ein einziges, centrales gruppirten verhalten, d. h. der Volumzuwachs aller peripherischen Polyeders wird grösser sein, als eines jeden der inneren Polyeder. Diese Ungleichheiten könnten jedoch unterdrückt werden, wenn schon zum Voraus solche Einrichtungen getroffen wären, die der Ausbiegung der äusseren Kanten entgegenwirken würden.

In allen diesen Fällen müssten jedoch die Gleichgewichtsverhältnisse, wie sie bei der angegebenen Gruppirung der Polyeder

zwischen der Flächenspannung der Wände zu Stande kommen, eine Änderung erfahren, wenn der Complex von Polyedern nach seiner Quellung durchschnitten würde. Sind nun Bedingungen gegeben, dass eine weitere Imbibition der Wände zu Stande kommen könnte, so werden sich die Kanten der unverletzt gebliebenen, der Schnittfläche zunächst liegenden Zellen gegen die durchschnittenen Wände auf eine ähnliche Weise ausbiegen, wie dies erfolgen müsste, wenn in einer von drei, in der bereits angegebenen Weise verbundenen Platten, durch einen ähnlichen Eingriff die Flächenspannung verringert würde.

Durch die, von den durchschnittenen Wänden des Polyedercomplexes, gegen die unverletzt gebliebenen, den ersteren zunächst liegenden Polyeder sich fortpflanzende Änderung des Gleichgewichtszustandes, müsste in Folge der Abrundung der Kanten eine Volumvergrösserung zu Stande kommen, die sich jedoch nicht allein auf die durch den Schnitt freigelegten Polyeder, sondern auf tiefere Schichten derselben erstrecken würde. Dabei wird jedoch der Grad der unter diesen Verhältnissen sich ergebenden Volumvergrösserung, nach Massgabe der Entfernung der Polyeder von der Schnittfläche verschieden sein, und zwar würde die nachträglich erfolgende Volumzunahme, in der freigelegten Schicht ihr Maximum erreichen.

Indem ich mir dieses Verhalten eines idealen Complexes von Rhombendodekaedern überlegte, kam ich auf den Gedanken, dass möglicherweiser auch im Parenchymgewebe der Erbse nach der Imbibition ein analoger, durch die differente Quellungsfähigkeit der mittleren Theile der Zellwände, und ihrer die Interzellulargänge einschliessenden Wandstücke, bedingter labiler Gleichgewichtszustand zu Stande komme, der gerade so wie in unserem idealen Complex von Polyedern, denen die Gestalt typischer Parenchymzellen entspricht, nur so lange fortbestehen kann, als der ürsprüngliche Verband der Zellen ungeändert ist. Die Natur des Objectes gestattet es nicht, die Richtigkeit dieser Annahme durch die directe Untersuchung zu prüfen, und durch Experimente mit einzelnen freigelegten Wandstücken der Zellen

des wirklichen Objectes zu bewähren. Ich glaube jedoch, ohne mir im Geringsten einzubilden der Sache auf den Grund gekommen zu sein, der in der aufgestellten Hypothese enthaltenen Anschauungsweise folgen zu dürfen, da durch diese meines Bedünkens alle Schwierigkeiten, die sich bei der Erklärung des Verhaltens des Parenchyms aus anderen Annahmen ergeben, beseitigt werden und allem Anscheine nach bereits vorgebrachte Thatsachen mit dieser übereinzustimmen scheinen.

Wir wollen nun zusehen, ob die auf vorstehend erörterten Annahmen basirte Hypothese durch Thatsachen, die auf die Desorganisation begleitenden Erscheinungen Bezug haben, wenigstens indirect verifizirt wird.

Obzwar ich mich aus dem letzteren Grunde mit meiner Hypothese, die ich selbst als noch etwas Geringeres gelten lassen möchte, in einer nicht sehr vortheilhaften Stellung befinde, so halte ich doch in Summe dafür, dass die angegebenen Momente als Gründe von einiger Stärke, zu Gunsten der meinem Erklärungsversuche zu Grunde gelegten Annahmen ins Gewicht fallen.

Denn es ist erstens, die Volumzunahme des Parenchyms bei der Quellung ganzer Cotyledonen eine beschränkte, ohne dass die Parenchymzellen dabei an der äussersten Grenze ihrer Quellungsfähigkeit angelangt wären, was mit dem Verhalten unseres idealen Complexes von Polyedern, deren Wandungen eine Beschaffenheit besitzen, wie ich sie auch für die Zellhaut des wirklichen Objectes als bestehend annehme, übereinstimmt.

Ferner bedarf der Complex der idealen Polyeder, auf welchen die früheren Betrachtungen Bezug haben, keiner besonderen Einrichtungen, ausser der, die von uns in Wände verlegt wurden, damit die Volumzunahme derselben bei der Quellung bis zu einem gewissen Grade herabgesetzt werde. — Da nun in den Cotyledonen unseres Objectes Behufs Beschränkung der Quellungsfähigkeit der Zellwände, keinerlei passiv gedehnte durch das Ausdehnungsstreben des Parenchyms in Spannung versetzte Schichten durch ihre Elastizität in Anspruch genommen werden, so dürfte dies ein weiterer Grund zu Gunsten der Annahme sein, dass im Bau der Zellwände des Parenchyms ein Organisationsplan realisirt ist, der im Wesen mit demjenigen übereinstimmt, den wir

dem Bau unseres idealen Polyedercomplexes zu Grunde gelegt haben.

Eine Thatsache, auf die ich ganz besonders Gewicht zu legen müssen glaube ist ferner die, dass die Volumzunahme der Zellen einer herausgeschnittenen Lamelle keine gleichmässige ist. Dies kann nur so erklärt werden, dass die Volumvergrösserung mit überwiegender Intensität nur in der Richtung gegen die Schnittfläche der Lamelle stattfindet, da die durchschnittenen Wände deren Spannungszustand geändert wurde, in diese auslaufen und auch die Ausbiegung der Zellkanten in derselben Richtung zu Stande kommen muss. Und dies ist eine weitere Übereinstimmung im Verhalten des Parenchyms unseres Objectes mit dem von uns aufgebauten Polyedercomplex.

Von der angegebenen Hypothese ausgehend, der, wie ich mir wohl bewusst bin, eine nur sehr geringe Anzahl von Thatsachen zu Hilfe kommt, könnte man den labilen Gleichgewichtszustand der Zellen der inneren Parenchymmasse erklären. Nun unterliegt aber das Protoplasma der Zellen der äusseren Parenchymschichten, die nach aussen von der Epidermis abgeschlossen werden, unter denselben Verhältnissen der Desorganisation, wie das der inneren Zellen. Da diese Veränderung mit der Volumvergrösserung der betreffenden Zellen in Zusammenhang gebracht werden muss, so ist folgerichtig anzunehmen, dass auch das Volumen der äusseren Parenchymzellen nach zu Stande gekommener Desorganisation ein grösseres ist, als das ursprüngliche. Für die Erklärung dieses Verhaltens dürfte die Annahme genügen, dass die äusseren Kanten der Parenchymzellen der in Rede stehenden Schicht, über welche die Epidermis hinzieht, eine noch viel geringere Dehnbarkeit und Elasticität, als die inneren Kanten besitzen. Dadurch wäre die Möglichkeit einer Volumzunahme nach Aufhebung des Gewebeverbandes gar nicht ausgeschlossen, da diese immerhin durch Ausbiegung der inneren Kanten, in der äussersten Parenchymschicht zu Stande kommen könnte. — Welcher Zusammenhang kann nun zwischen der Volumvergrösserung der Parenchymzellen und der Desorganisation der Aleuronkörner bestehen?

Auf diese Frage habe ich die folgende Antwort formulirt. — Das Volum eines organisirten Körpers nach der Imbibition

desselben ist, wenn wir von der Verdichtung des Wassers innerhalb der Micellarinterstitien absehen, gleich dem Volum vor der Imbibition, mehr dem Volum des imbibirten Wassers. Da nun die Wasserimbibition eines ursprünglichen trockenen organisirten Körpers nur unter Verhältnissen stattfinden kann, die eine Volumvergrösserung desselben gestatten, so kann unter Umständen das Volum der Zellhaut für dasjenige, in dem Lumen derselben befindlicher Inhaltskörper und dadurch auch für ihren Wassergehalt massgebend sein, vorausgesetzt, dass die Zellhaut vermöge ihrer physikalischen Eigenschaften den innerhalb derselben wirkenden Imbibitionskräften, aus denen ein Turgor resultirt, das Gleichgewicht halten kann. In unserem Fall haben wir es thatsächlich mit einem Object zu thun, dessen Zellen mit imbibitionsfähigen Inhaltskörpern dicht erfüllt sind, denen jedoch eine active, auf eigener Imbibition beruhende Mitwirkung bei der Volumvergrösserung der Zellen im Quellungsacte nicht in dem Grade zugesprochen werden darf, wie dem Zellinhalt eines der Turgorausdehnung fähigen Gewebes. Nach vollzogener Quellung des Samens sind nun die Zellhäute an der Grenze, der unter diesen Umständen erreichbaren Volumzunahme und beim Maximum des Wassergehaltes angelangt, und es entfällt aus diesem Grunde auf den imbibitionsfähigen Inhalt der Zellen ein Volum und ein diesem entsprechender Wassergehalt, die sich so lange nicht ändern können, als der ursprüngliche Verband der Zellen ungeändert fortbesteht. Eine Spannung zwischen der Membran der Reservestoffbehälter und ihrem Inhalt wird jedoch unter allen Umständen zu Stande kommen müssen, da ja der gesammte, durch die Volumverhältnisse der Zelle in seiner Wasseraufnahme beschränkte Inhalt, lange nicht an der Grenze seiner Imbibitionsfähigkeit angelangt ist. Meines Erachtens sind keinerlei Gründe für die Annahme vorhanden, dass diese Spannung von formbestimmendem Einfluss, auf die bei ungeänderten Organisationsverhältnissen des Körnerplasmas so charakteristische Gestalt der Aleuronkörner sein könnte, dass, um mit andern Worten zu reden, die Gestalt der Aleuronkorner bei einem bestimmten, normalen Gehalt von Imbibitionswasser auf Rechnung des elastischen Gegendruckes der Zellhaut, durch welchen das Bestreben der Aleuronkörner sich abzurunden, unterdrückt wird, gesetzt werden

müsse. Dieser Annahme widerstreitet nämlich die Thatsache, dass die Anwesenheit von polyedrischen Aleuronkörnern in Zellen der Schnitte, von Umständen, unter denen eine Spannung zwischen Inhalt und Zellhaut zu Stande kommen kann, ganz und gar nicht abhängig ist; es wäre denn sonst nicht zu erklären, warum auch verwundete Zellen in entsprechender Weise behandelter Schnitte, den durch Anwesenheit polyedrischer Aleuronkörner bedingten Bau des Körnerplasmas zeigen, welcher überdies selbst kleinen losgetrennten Partikeln desselben bis zu einem gewissen Zeitpunkt eigenthümlich ist. — Diese Gründe zusammengenommen berechtigen wohl zur Annahme, dass die Aleuronkörner ihre polyedrischen Begrenzungen nicht einem auf dem Inhalt lastenden Druck verdanken, und ferner auch keinem formbestimmenden äusserem Einfluss unterliegen, wie etwa in einem von festen Wandungen umschlossenen Hohlraum aufquellende Erbsen, die sich durch den Druck gegenseitig zu Polyedern abflachen. Die zwischen der Haut und dem Inhalt bestehende Spannung wird jedoch nicht ohne Einfluss, auf die unter gewissen Verhältnissen erfolgende Volumvergrösserung der Zellen sein. Denn es halten sich, so lange die Zellen des Parenchyms mit einander verbunden sind, die Turgorkräfte auf beiden Seiten der je zwei Zellen gemeinsamen Membranplatten das Gleichgewicht; nach der Trennung der Zellen werden diese jedoch die freigelegten Wände gegen die Schnittfläche herauswölben und so den Effect, welchen die Störung des in Bezug auf Imbibitionsverhältnisse bestandenen Gleichgewichtes zur Folge hatte, noch vergrössern. Kurz gesagt: Es werden nach Aufhebung des Gewebeverbandes, sowohl Imbibitions- als auch Turgorkräfte durch vereintes Wirken die Bedingungen herstellen, unter denen eine Volumzunahme gewisser Zellen zu Stande kommen könnte.

Dadurch müsste aber die Spannung, die zwischen Inhalt und Haut bestand, verringert werden, und es könnte nun das Körnerplasma, nach Massgabe der zu Stande gekommenen Volumvergrösserung, auf's Neue Wasser imbibiren und sein Volum bis zu demjenigen der Zellhaut vergrössern. Es wird daher die Volumzunahme des Körnerplasmas erst dann aufhören, wenn die bei Beginn der Desorganisation verringerte Spannung zwischem dem

Inhalt und der Haut jene Höhe erreicht haben wird, dass die weitere Wasseraufnahme sistirt würde — und dies wird, wie ich vermuthe, erst in einem Zeitpunkt eintreten, in dem die ursprüngliche Differenzirung des Körnerplasmas bereits zerstört ist.

Ich stelle mir nun den Gang der Desorganisation, und die diese begleitenden Erscheinungen bei Verletzungen des Gewebes gequollener Erbsen unter Verhältnissen, wo die entstandenen Wundflächen sich ausser Contact mit Wasser befinden, so vor, dass sowohl die Theile der unmittelbar durch den Schnitt getroffenen oder zerrissenen Plasmakörper, gleichwie die Zellhäute und Plasmakörper der unmittelbar angrenzenden Zellen, den entfernten Gewebepartien Wasser entziehen, welches in die sich verändernden Inhaltskörper, als Überschuss an Imbibitionswasser gelangt, der das Bestehen der ursprünglichen Organisationsverhältnisse gefährdet. Dieser Auffassung zufolge werden die den Wundrändern angrenzenden Partien des Gewebes wasserärmer, da sowohl die freigelegten Zellwände, als eine Anzahl von Inhaltskörpern einen Theil ihres Imbibitionswassers an sich reissen.

Dieser Wasserverlust wird wohl nicht grösser als derjenige sein, wie er sich unter Umständen aus wechselnden Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen des Mediums, in welchem die Quellung und Keimung erfolgt, für den ganzen Samen ergeben kann, ohne dass dadurch die Organisation des Plasmas alterirt würde. Überdies ist die, in gequollenen Erbsen enthaltene Wassermenge um ein Bedeutendes grösser, als es die Differenzirung des Körnerplasmas erfordert, da im absoluten Alkohol entwässerte Erbsen, Plasmakörper im Zustande normaler Differenzirung enthalten. Dies entnehme ich daraus, dass in Schnitten aus diesen, die in demselben Medium untersucht werden, der ursprüngliche Bau bis in alle Einzelnheiten kenntlich ist.

Ich habe bisher nur auf Zellen Rücksicht genommen, die sich im unmittelbaren Bereiche der Wundflächen befinden. Wie ich bereits zu erwähnen Gelegenheit hatte, greift die Vollzellbildung, die durch bekannte mechanische Eingriffe bedingt ist, auch in tieferen Zelllagen um sich, in welchen Fällen die Wundfläche gegen das unveränderte Gewebe, oft durch mehrere Schichten von Vollzellen abgegrenzt erscheint. Aus meiner Hypo-

these wären diese Verschiedenheiten so zu erklären, dass in manchen Fällen die Volumzunahme tiefer liegender Zellen zu gering ausfällt, als dass dadurch eine bis zur Desorganisation fortschreitende Wasseraufnahme in diesen erfolgen könnte, wobei Verschiedenheiten der Quellungsfähigkeit und sonstige physikalische Eigenschaften der Zellhäute wohl im Spiele sein mögen.

Die von mir aufgestellte Hypothese soll ferner das spontane Hervorgehen von Vollzellen erklären und ich glaube, dass aus dieser eine bestimmte Vorstellung über die Ursachen dieses Verhaltens mancher Reservestoffbehälter sich ableiten lässt. Wenn ich auch nicht annehmen kann, dass die Membran später als Vollzellen erscheinender Reservestoffbehälter irgend welche Veränderungen erfährt, die eine erhöhte Quellungsfähigkeit derselben zur Folge haben könnten, so ist immerhin die Vermuthung gestattet, dass auch in diesem Falle eine Volumvergrösserung aus Ursachen resultirt, die zum Theil bei derjenigen freigelegter Zellen muthmasslich mitwirken.

Es ist nämlich denkbar, dass der Turgor in den sich erschöpfenden, den späteren Vollzellen zunächst angrenzenden Zellen in einem gewissen Zeitpunkt so gering wird, dass der ungeändert fortbestehende Turgor auf der Seite der Vollzellen das Uebergewicht erlangt. In diesem Falle könnte nun eine Volumvergrösserung der in Rede stehenden Zellen zu Stande kommen, die von einer weiteren Imbibition und den, durch diese bedingten Erscheinungen begleitet sein müsste.

Es sei hier noch ein Punkt berührt. Dieser betrifft den innerhalb geschlossener Zellen oft vorkommenden Zustand unvollständiger Desorganisation des Körperplasmas. In diesen Fällen entsteht nach Abrundung der Aleuronkörner in jedem derselben eine centrale oder excentrische Vacuole, wobei die peripherische Substanz, im Gegensatz zum Verhalten isolirter der Desorganisation unterliegender Aleuronkörner, eine kaum wahrnehmbare Verringerung ihrer Dichte erfährt.

In diesem Falle ist also die Desorganisation, bevor die Vermischung der fast unveränderten peripherischen Substanz mit der Grundsubstanz erfolgt ist, zum Stillstande gekommen, und es ist in dem daraus sich ergebenden Grade der Desorganisation, eine räumliche Dissociation der ursprünglichen Theile des

Körnerplasmas vorhanden. Dieses Verhalten dürfte wohl die Annahme rechtfertigen, dass im unvollständig desorganisirtes Körnerplasma, ein jedes Aleuronkorn noch in seinem Hüllhäutchen stecke, und dass die Lösung der letzteren unter diesen Verhältnissen unterbleibt. — Ich will es nun unternehmen, mit Zugrundelegung der leitenden Annahmen meiner Hypothese, wobei ich das bereits in der ersten Abhandlung besprochene Verhalten der Hautschichtsäcke zu Hilfe nehmen werde, die Ursachen der Resistenzfähigkeit der Hüllhäutchen zu erklären.

Da wir es als ausgemacht ansehen können, dass die Hüllhäutchen und die Substanz der Aleuronkörner aus differenten Stoffen bestehen, so dürfte die Annahme, dass beide Theile des Aleuronkornes in Betreff ihrer Imbibitionsverhältnisse differiren, kaum zu kühn sein. Dafür spricht auch die Thatsache, dass während der Desorganisation isolirter Aleuronkörner das Hüllhäutchen eine passive Dehnung erfährt und keineswegs der, durch Wasseranfnahme bedingten Volumzunahme der inneren Masse, durch eigene Imbibition zu folgen vermag.

Wir können, wenn wir den Verlauf der Desorganisation isolirter Aleuronkörner ins Auge fassen, wohl noch einen Schritt weiter gehen und annehmen, dass die eigene Quellung des Hüllhäutchens erst im Zeitpunkt beginnt, in dem das von diesem gebildete Bläschen, bereits Desorganisationsproducte des Aleuronkornes einschliesst. Wir haben jedoch an den Hautschichtsäcken der Stärkekörner bereits gesehen, dass die jedenfalls nicht unerheblichen Veränderungen derselben, mit dem Beginne der Quellung anheben.

Wir können mit Rücksicht darauf aus Gründen der Analogie annehmen, dass eine unbedeutende eigene Quellung des Hüllhäutchens der Anstoss ist, der die Lösung desselben zur Folge hat. Wenn wir nun annehmen, dass dem so wäre, so könnten wir darauf fussend, folgern, dass die Volumverhältnisse geschlossener Zellen nicht ohne Einfluss auf das Verhalten der Hüllhäutchen bei der Desorganisation sein werden; denn ist dem Ausdehnungsstreben des Inhaltes durch die Volumzunahme der Zellhaut ein grösseres Volum zur Verfügung gestellt, so wird auch die Quellung der Hüllhäutchen leichter den Grad erreichen können, welcher der Lösung derselben vorangehen muss und unserer

Vermuthung gemäss diese bedingt. Es wird also unter Umständen eine Auflösung der Hüllhäutchen und eine Confluirung der peripherischen Masse bereits vacuolisirter Aleuronkörner, mit der bereits desorganisirten Grundsubstanz erfolgen können. Dies wird jedoch unterbleiben, wenn die Desorganisation unter Verhältnissen stattfindet, die eine weitergehende Quellung des Hüllhäutchens zu verhindern vermögen, und dies wird der Fall sein, wenn die Ausdehnung der geschlossenen Zellen durch die eine oder andere Ursache beeinträchtigt wird.

Es erschien mir immer auffallend, dass das Volum innerhalb geschlossener Zellen desorganisirter Aleuronkörner, nach bereits stattgefundener Vacuolisirung derselben, stets kleiner als dasjenige ist, welche in einem ähnlichen Zustande befindliche isolirte Aleuronkörner besitzen. Und dies ist eine Thatsache, die nur so gedeutet werden kann, dass im ersteren Falle, der durch Wasseraufnahme bedingten Volumzunahme, durch die Volumverhältnisse der geschlossenen Zellhaut eine Grenze gesetzt wird. Damit wäre auch die im augenscheinlich geringeren Grade veränderte Beschaffenheit der peripherischen Masse, innerhalb geschlossener Zellen desorganisirter Aleuronkörner in Zusammenhang zu bringen. Denn es wird, wie ich nachgewiesen zu haben glaube, erst durch die Desorganisation die Wirkung lösender Agentien ausgelöst, und es dürfte mit Rücksicht darauf wohl gestattet sein, anzunehmen, dass die Veränderungen der Aleuronkörner um so geringer ausfallen werden, je weniger diesselben durch die Desorganisation von ihrer ursprünglichen Beschaffenheit eingebüsst haben.

Wenn nun der geschlossene Zustand der Zellen eine weitergehende Wasseraufnahme in den Aleuronkörnern zu verhindern vermag, so sind dann für die Wirkung der lösenden Vehikel weniger günstige Bedingungen vorhanden, als in dem Falle, wo die Wasseraufnahme und die durch diese bedingte Desorganisation unbeeinflusst, wie in isolirten Aleuronkörnern erfolgen kann.

Man könnte mir als Beweisgrund gegen die Richtigkeit der von mir vertretenen Ansicht, dass in unserem Object Volumverhältnisse der Zellen, das für die Erhaltung der Structurverhält-

nisse des Körnerplasmas bedingende Moment seien, die Veränderungen entgegenhalten, die das gequollene Körnerplasma beim Austrocknen erleidet. Es ist jedenfalls nicht leicht sich zwei noch weiter auseinander gehende Ursachen, wie die Wasserwirkung und den Verlust des Imbibitionswassers vorzustellen, die als Resultat analoge Veränderungen an unserem Object bewirken können. Und dennoch glaube ich auch hierfür aus meiner Hypothese eine befriedigende Erklärung ableiten zu können. Dem Früheren zu Folge müssen alle Veränderungen der Aleuronkörner, schliesslich doch nur mit der Volumvergrösserung derselben in Zusammenhang gebracht werden. Das Verhalten des Körnerplasmas beim Austrocknen könnte nur dann, als Einwand von überwältigendem Gewicht angesehen werden, wenn die Eigenthümlichkeiten unseres Objectes zur Schlussfolgerung führen müssten, dass während des Austrocknens des Gewebes die Bedingungen für eine Volumvergrösserung der Aleuronkörner nie vorhanden sein können. Und eben dafür liessen sich meines Erachtens keine zwingenden Gründe beibringen. — Um dies ermessen zu können, wollen wir unseren Betrachtungen über das Verhalten des Körnerplasmas in austrocknenden Cotyledonen, eine isolirt gedachte Zelle zu Grunde legen und annehmen, dass im Körnerplasma derselben, ein dem Quellungsstadium entsprechender Zustand innerer Differenzirung vorhanden sei.

Denken wir uns, es sei die isolirte Zelle unter Verhältnisse gebracht worden, die einen Verlust an Imbibitionswasser in dieser, in Folge der Verdunstung bewirken können. Die Zellhaut würde während der Verdunstung des Wassers aus der Zelle, auf den gesammten Inhalt wasserentziehend wirken, und zwar würde jener, durch die ihr anliegende peripherische Hautschicht, das Imbibitionswassers der Grundsubstanz zugeführt werden. Es wäre nicht unwahrscheinlich anzunehmen, dass die letztere bei der nach der Zellhaut gerichteten Wasserzufuhr in analoger Weise in Anspruch genommen ist, wie bei der Quellung des Körnerplasmas.

Aus diesem Grunde könnte der Verlust des Imbibitionswassers in der Grundsubstanz einen beträchtlich hohen Grad erreichen, bevor noch die Aleuronkörner vermöge ihrer Anord-

nung, ihres geringeren Wassergehaltes und der schwächeren Imbibitionskraft, erheblich in Mitleidenschaft gezogen wären. Das Resultat des Wasserverlustes unserer isolirten Zelle würde nun darin bestehen, dass die Aleuronkörner nach Massgabe der Volumverminderung der Zellhaut und der Grundsubstanz zusammenrücken würden, wobei die Gefahr einer Desorganisation für die noch immer wasserhaltigen Aleuronkörner der Volumverhältnisse der Zellhaut wegen absolut ausgeschlossen wäre. Ja, es könnte, vorausgesetzt dass das Eintrocknen die micellaren Eigenthümlichkeiten unseres Objectes nicht verändert, dasselbe analog wie ein Stärkekorn oder eine mit Schichtung und Streifung ausgestattete Zellhaut, in den ursprünglichen undifferenzirten Zustand zurückkehren und dabei die Fähigkeit behalten, in Folge einer von Neuem stattfindenden Wasserzufuhr, in den differenzirten Zustand überzugehen. Nehmen wir nun an, dass unserer isolirten Zelle, deren wasserärmer gewordene Grundsubstanz, nur wenig in Hinsicht des Wassergehaltes veränderte Aleuronkörner einschliesst, plötzlich Wasser zugeführt würde. Der dadurch zu Stande kommende Effect, müsste je nach der Intensität mit welcher sich die Wasseraufnahme in unserer Zelle vollzieht, verschieden ausfallen. Denn würde die eingeleitete Wasserimbibition eben zur Deckung des Wasserverlustes während der weiteren Transpiration der Zelle ausreichen, so müssten die angegebenen Verhältnisse in Hinsicht des Volums der Zelle und des Differenzirungszustandes des Körnerplasmas fortbestehen. Würde aber die Wasserzufuhr so energisch erfolgen, dass diese das Uebergewicht über die Transpiration erlangen könnte, so müsste die noch vorhandene, auf räumlicher Trennung der Grundsubstanz von den Aleuronkörnern beruhende Differenzirung, vernichtet werden. In diesem Falle würde nämlich die Zellhaut, wegen ihrer eminenten Imbibitionsfähigkeit, der Quellung des Inhaltes vorauseilen und diesem bei der Volumvergrösserung der Zelle einen Vorsprung abgewinnen. Dadurch würde nun bevor noch eine der Volumzunahme der Zellhaut entsprechende Quellung des Inhaltes zu Stande gekommen wäre, für die isolirte Zelle ein ähnlicher Zustand herbeigeführt werden, wie wenn die Zellhaut sich plötzlich erweitert hätte.

Die Aleuronkörner haben jedoch, bei der vorherigen Transpiration unserer Zelle ihren Gehalt an Imbibitionswasser in einem verhältnissmässig viel geringerem Grade, als die Grundsubstanz eingebüsst. Aus diesem Grunde könnte, da die in der Quellung vorauseilende Zellhaut eine Volumvergrösserung der Aleuronkörner begünstigt, möglicherweise schon die Einwirkung des noch in der Grundsubstanz enthaltenen Imbibitionswassers geringe Veränderungen an den Aleuronkörnern bewirken, die sich in dem Masse steigern müssten, als während der Volumvergrösserung der Zelle Wasser von aussen eindringt. Eine rapide Wasseraufnahme müsste also bewirken. dass das Körnerplasma der Volumvergrösserung der Zellhaut in einem bereits desorganisirten Zustand folgen würde.

Nun könnte aber die Wasseraufnahme auch unter solchen Modalitäten sich vollziehen, dass nicht nur der Transpirationsverlust gedeckt, sondern auch ein kleiner Ueberschuss der Zellhaut und dem Inhalt zu Gute kommen würde. Wäre das in die Zelle in gleichen Zeiteinheiten eindringende Wasserquantum nur sehr gering, so könnten die Quellung des Inhaltes und der Zellhaut nahezu gleichen Schritt halten, woraus sich die Möglichkeit der Wiederherstellung der ursprünglichen Verhältnisse, vor dem Beginn der Transpiration ergeben würde. Unter übrigens gleichen Verhältnissen, müssten die Veränderungen des Körnerplasmas bei der von Neuem eingeleiteten Wasserzufuhr um so unerheblicher ausfallen, in je höherem Grade die Aleuronkörner bereits ihr Imbibitionswasser eingebüsst hätten. Es wäre daher für den Grad. bis zu welchem die Desorganisation fortschreiten könnte, der Wassergehalt der Aleuronkörner in demselben Masse bestimmend, wie die Menge des in die Zelle eindringenden Wassers.

In einem durchweg gleichartigen, aus eben solchen Zellen zusammengesetzten Gewebe, könnte der Übergang des bereits gequollenen Körnerplasmas, in den ursprünglichen Zustand, bei ungestörtem Fortbestehen aller Eigenthümlichkeiten seines Verhaltens gegen Wasser. nur dann zu Stande kommen, wenn während der Verdunstung die Vertheilung des Wassers im Gewebe. bis zum gänzlichen Verlust desselben eine gleichmässige bliebe. Die Bedingungen dafür sind selbst in einem derartigen

ganz gleichartigen Gewebe, wenn die Verdunstung unter gewöhnlichen Verhältnissen erfolgt, nicht vorhanden. Denn in diesem Falle wirken die der transpirirenden Oberfläche näheren Zellen wasserentziehend auf die entfernteren, wobei hauptsächlich die Imbibitionskräfte der Zellhaut im Spiele sind. Aus diesem Grunde ist für den Zufluss des Wassers in die im unmittelbaren Bereiche der transpirirenden Oberfläche befindlichen Zellen, nicht allein die Transpirationsgrösse massgebend und es könnte, wenn sich diese in Folge eines Temparatur- oder Feuchtigkeitswechsels in der umgebenden Athmosphäre plötzlich verringerte, gerade in diese Schichten aus den inneren Partien des Gewebes eine grössere Menge von Wasser hinübergelangen.

In diesen Zellen wären somit für den Grad, der während des Austrocknens zu Stande kommenden Veränderungen dieselben Ursachen massgebend, die auch auf das Verhalten des Körnerplasmas einer isolirten Zelle unter ähnlichen Verhältnissen einen bestimmten Einfluss üben müssten: es könnte je nach Umständen das Körnerplasma mehr oder weniger afficirt werden oder auch ungefährdet einen Theil des reichlicher zufliessenden Wassers imbibiren.

In einem Complex gleichartiger Zellen, wären somit die Bedingungen für die Erhaltung der ursprünglichen Eigenthümlichkeiten des Körnerplasmas, für die innersten Zellen desselben ungleich günstiger, als für die peripherischen, deren Wassergehalt in dem angegebenen Sinne, durch die Umstände unter denen die Transpiration erfolgt, beeinflusst wird.

Wäre die geltend gemachte Vorstellung über das Verhalten des Körnerplasmas in isolirten Zellen richtig, so dürfte aus dieser mit Rücksicht auf das eben Gesagte abgeleitet werden, dass das Verhalten des bereits wasserhaltigen Körnerplasmas in den Zellen eines grösseren Complexes derselben keineswegs unter allen Verhältnissen ein gleichartiges sein müsste, selbst dann nicht, wenn eine Wasserzufuhr von aussen gänzlich ausgeschlossen wäre.

Ich habe das Verhalten des Körnerplasmas nach dem Austrocknen bei der aufs Neue stattfindenden Imbibition auf die Weise studirt, dass ich eben aufgequollene Erbsen an der freien Luft austrocknen liess und hernach die Schnitte aus diesen, in

dickerem Glycerin untersuchte. Das Aussehen des Körnerplasmas in solchen Präparaten ist ein sehr mannigfaltiges. Am häufigsten sind die Zellen von einem Desorganisationsproduct von hyaliner oder doch schwachkörniger Beschaffenheit erfüllt, welches die Fähigkeit, in den bei der ersten Quellung vorhandenen Differenzirungszustand überzugehen gänzlich verloren hat und selbst bei länger andauernder Einwirkung des Glycerins, sich fast wie ein quellungsunfähiger Körper verhält.[1])

In anderen Zellen ist der Zustand vollständiger Desorganisation auf mehr oder weniger ausgedehnte Bezirke ihres Körnerplasmas beschränkt, während dieses auf anderen Punkten in einem relativ viel weniger veränderten Zustand entgegentritt. Ja, man findet gelegentlich Zellen, in denen aus der anfänglich structurlos erscheinenden Masse des Körnerplasmas anscheinend ganz unveränderte Aleuronkörner hervorgehen. In den Fällen, wo die Desorganisation begonnen, aber während des Austrocknens zum Stillstande gelangte, besitzen die Aleuronkörner, die für das ersteStadium der Desorganisation innerhalb geschlossener Zellen, charakteristischen Vacuolen, innerhalb einer starklichtbrechenden peripherischen Zone.

Meinen Beobachtungen zu Folge ist die Vertheilung der Zellen, deren Körnerplasma in einem so verschiedenen Grad verändert sein kann, von keinem allgemeinen Gesetz beherrscht und es ist der mikroskopische Befund mit den, im Vorangehenden auf apriorischem Wege entwickelten Schlussfolgerungen nur insoferne übereinstimmend, als er den Grad der Veränderungen des Körnerplasmas beim Austrocknen betrifft.

Da nun auf das Letztere bei der in Betracht kommenden Frage jedenfalls das Hauptgewicht gelegt werden muss, so dürfte der Befund die im vorhergehenden entwickelten Anschau-

[1] Ich will hier bemerken, dass das Nachfolgende sich nicht ganz im Einklange mit einer Angabe in meiner ersten Abhandlung befindet, welche auf das Verhalten des bereits differenzirten Körnerplasmas beim Austrocknen Bezug hat. Dies rührt, wie ich mich jetzt überzeugte, davon her, dass ich anfänglich nicht ganz lufttrocken gewordene, vorher gequollene Erbsen untersuchte.

ungen wohl nicht widerlegen und eher zur Schlussfolgerung führen, dass in eintrocknenden, vorher jedoch aufgequollenen Erbsen, noch grössere Ungleichheiten in Betreff der Vertheilung des Imbibitionswassers bestehen, als sie sich für den idealen Zellkörper, den wir unseren früheren Betrachtungen zu Grunde gelegt haben, unter gewissen Umständen mit Nothwendigkeit ergeben müssten.

Ich vermuthe, dass beim Austrocknen unseres Objectes, zu dem jedenfalls nicht auszuschliessenden Einfluss wechselnder Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse, noch ein anderes Moment hinzutritt, welches einer gleichmässigen Vertheilung des Imbibitionswassers bis zum Zeitpunkte seines gänzlichen Verlustes entgegenwirkt. Und dies ist die Beschaffenheit der Flüssigkeit, welche während der Transpiration der verdunstenden Oberfläche zufliesst. Wir können es nämlich als ausgemacht ansehen, dass die Zellhäute unseres Objectes beim Abschluss der Quellung von einer Lösung organischer Stoffe durchtränkt sind, unter denen sich jedenfalls die während der Quellung austretenden Proteinstoffe mit ihren lösenden Vehikeln vorfinden.

Ferner ist es denkbar, dass die Zellhäute eine Lösung von derselben Beschaffenheit dem Inhalte während des Austrocknens entziehen. Diese Lösung müsste nun, während des Austrocknens allmälig concentrirter werden, und es ist gar nicht unwahrscheinlich, dass dieselbe schliesslich in den äussersten Zellen der Cotyledonen eine so zähe Beschaffenheit erlangt, dass dadurch die Transpiration, wenn auch nicht gänzlich unterdrückt, so doch bedeutend herabgemindert werden könnte. Dies hätte in Betreff der Vertheilung des Imbibitionswassers im Gewebe denselben Effect zur Folge, als wenn der Fortgang der Transpiration durch Ursachen anderer Art unterbrochen worden wäre. — Ferner ist noch zu berücksichtigen, dass die in den Zellhäuten vorhandene Lösung, deren Concentration sich während des Austrocknens mehr und mehr erhöhen müsste, von einem bestimmten Zeitpunkt an, auf den Inhalt der betreffenden Zellen wasserentziehend wirken würde.

Es könnten also auch in dieser Beziehung bestehende Verschiedenheiten, die fraglichen Vorgänge beeinflussen und für den

Zustand, in den der Plasmakörper nach dem Eintrocknen gelangt, massgebend sein.

Während der Keimung erscheint im Körnerplasma, ein sich allmälig vergrössernder, mit wässeriger Flüssigkeit erfüllter, allseitig von dem noch nicht resorbirten Körnerplasma eingeschlossener Binnenraum.

Der Umstand, dass das Verhalten der Aleuronkörner gegen Wasser im vitalen Zustand des Körnerplasmas nicht modificirt ist, führt unmittelbar darauf hin, dass diese Flüssigkeit nicht aus Wasser allein bestehen könne.

Bei der Erklärung der Thatsache, dass das noch vorhandene Körnerplasma trotz des unmittelbaren Contactes mit einem grösseren Flüssigkeitsquantum, seine ursprüngliche Beschaffenheit beibehält, könnte von mehreren Annahmen ausgegangen werden:

1. Es wäre denkbar, dass die an Stelle des resorbirten Körnerplasmas tretende Flüssigkeit, irgend welche Stoffe von specifischer Eigenthümlichkeit im gelösten Zustand enthält, die vermöge ihrer Beschaffenheit die desorganisirende Wirkung des Wassers auf die Aleuronkörner paralysiren.

2. Es könnte ferner angenommen werden, dass die Binnenlösung einen so hohen Concentrationsgrad besitzt, dass aus der Einwirkung derselben auf die Aleuronkörner sich die Desorganisation des Körnerplasmas nicht ergeben kann. Diese Annahme liesse sich auf das bereits in der ersten Abhandlung besprochene Verhalten der Aleuronkörner gegen concentrirte Salzlösungen gründen.

3. Da es ferner keinem Zweifel unterliegt, dass der während der Keimung im Körnerplasma entstehende Saftraum das Äquivalent des Zellsaftes anderer vegetativer Zellen ist, so könnte angenommen werden, dass die denselben erfüllende Flüssigkeit sich von dem Zustande einer concentrirten Lösung erheblich entfernt. Der differenzirte Zustand des Wandplasmas bleibt unter diesen Verhältnissen erhalten, weil der aus der endosmotischen Wirkung der im Zellsaft gelösten Stoffe sich ergebende Druck im Innenraum der Zelle grösser, als die Imbibitionskraft der Aleuronkörner ist.

Diese letztere Annahme erachte ich für die wahrscheinlichste. Es wäre im Sinne derselben die Erhaltung der Aleuronkörner, in den noch nicht resorbirten Partien des Körnerplasmas das Resultat des Zusammenwirkens zweier Vehikel: einmal, der Organisationsverhältnisse des Zellhautgerüstes, und ferner einer Beschaffenheit des Zellsaftes, welche das Zustandekommen eines entsprechend hohen Turgors ermöglicht. — Diese im Zellsaft wirkende Druckkraft könnte übrigens nur sehr gering sein, da sie ja nur der Quellung der Aleuronkörner entgegenzuwirken hat. So wäre es auch denkbar, dass für die osmotische Leistung der Binnenlösung nur ihr Gehalt an Colloiden massgebend ist, die während der Resorption aus den Stärkekörnern und dem Körnerplasma hervorgehen. [1]

Ist meine Ansicht, dass der Zellsaft vermöge seiner osmotischen Leistung zur Erhaltung der Aleuronkörner beiträgt, richtig, so müsste eine Druckverminderung im Zellsaft, je nach dem Grade derselben, von einer mehr oder weniger weitgehenden Desorganisation des Körnerplasmas begleitet sein. Da man nur durch Versuche mit Salzlösungen von bekannter Concentration, zu einigen Aufschlüssen über das fragliche Verhalten des Körnerplasmas gelangen könnte, und ich selbst gegenwärtig mit den Hilfsmitteln dazu nicht ausgerüstet bin, so muss ich die Frage nach der Richtigkeit meiner Annahme, die ich vorläufig nur auf Gründe der Analogie stützen kann, als offen dahingestellt lassen.

Um die Schwierigkeiten der betreffenden Untersuchungen hier anzudeuten, möchte ich darauf hinweisen, dass der Effect, welchen wasserentziehende Mittel in Hinsicht der Druckverhältnisse in Zellen bewirken, die der Turgorausdehnung vermöge der physikalischen Beschaffenheit ihrer Zellhäute fähig sind, in unserem Falle durch die eminente Quellungsfähigkeit der Membran der Zellen unseres Objectes modificirt werden müsste, ganz abgesehen davon, dass noch die Imbibitionsverhältnisse des noch nicht resorbirten Körnerplasmas, als Factor von massgebender Bedeutung im Spiele wären. Bei der Entscheidung

---

[1] Über die Bedeutung der Colloide und Krystalloide für die osmotische Leistung des Zellsaftes, vergl. Pfeffer, Osmotische Untersuchungen. S. 175. ff.

meiner Hypothese auf dem Wege des Versuches, müsste daher auch auf die Imbibitionsverhälteisse der Zellhäute und des Körnerplasmas in Salzlösungen, ferner auf das Verhalten gegen diese im bereits wasserimbibirten Zustand, als die wichtigsten in Betracht kommenden Vorfragen Rücksicht genommen werden.

Der als Wandbeleg erscheinende Theil des ursprünglichen Körnerplasmas mit einem Zellsaft bereits ausgestatteter Zellen, ist beim Abtrennen derselben, ferner beim Austrocknen der Cotyledonen, in einem viel höheren Grade, als das Körnerplasma nur gequollener Erbsen der Desorganisation ausgesetzt. Nach den dargelegten Gesichtspunkten wäre dieses Verhalten leicht zu erklären. Auf weitere Ausführungen in dieser Beziehung glaube ich verzichten zu können.

Die entwickelte Hypothese basirt sich auf eine specifische Eigenthümlichkeit der Cotyledonen unseres Objectes. Dies sind die Volumverhältnisse derselben, die vom Beginn der Keimung an, bis zu ihrem Abschlusse, in keiner auffälligen Weise sich verändern. Von dieser Seite wenigstens kann meiner Hypothese, die in der dargelegten Form auf die Reservestoffbehälter wachsender Keimblätter nicht ausgedehnt werden darf, eine Einwendung nicht entgegengestellt werden. Sie wäre aber auch dann unhaltbar, wenn irgend welche Anzeichen vorlägen, dass die Reservestoffbehälter während der Keimung auch nur passiv durch das Wachsthum anderer Schichten in Mitleidenschaft gezogen würden; es müsste jeder Nachweis, dass dem so wäre, meiner Hypothese geradezu verderblich werden.

Von massgebendstem Einfluss, auf die Volumverhältnisse der Reservestoffbehälter wären jedenfalls, in der Epidermis verlaufende und mit der Anlegung der Spaltöffnungen zusammenhängende Gestaltungsvorgänge. — An unserem Object besitzt die Epidermis der planen und convexen Oberfläche den ausgesprochenen Charakter eines Dauergewebes, und es ist auf diesen Bezirken die Anlegung der Spaltöffnungen gänzlich unterdrückt. Dies ist insoferne auffallend, als die Spaltöffnungen gerade auf den Punkten nicht vorhanden sind, wo ihre Ausbildung, selbst wenn durch diese nur ein beim Beginn der Keimung zwischen

bereits früher angelegten Schliesszellen entstandener Porus erweitert werden sollte, ohne eine entsprechende auf Wachsthum beruhende Mitwirkung des Parenchyms, nicht erfolgen könnte.

Die einzigen Bezirke, wo in der Epidermis unseres Objectes Spaltöffnungen ausgebildet werden, befinden sich in den halbconischen Eindrücken der flachen Seite der Cotyledonen. Diese mit einander correspondirenden Vertiefungen schliessen, wenn die Cotyledonen einander berühren, zu einem schief kegelförmigen Hohlraum zusammen, welcher vor der Entfaltung des Keimsprosses, diesen beherbergt. Aus diesem Hohlraume wird der Keimspross durch das Wachsthum der bekanntermassen sich nur wenig verlängernden Cotyledonarstiele hervorgezogen. Nach der Entfaltung des Keimsprosses bilden die lippenartig nach aussen erweiterten Stiele der Cotyledonen, eine Art Vorhof um die Mündung, des bis in die spätesten Keimungsstadien zwischen den beiden Cotyledonen vorhandenen Hohlraumes.

Die Zellen dieses Epidermisbezirkes sind relativ grösser, als diejenigen auf den planen oder convexen Flächen. Zwischen denselben sind die Anlagen der Spaltöffnungen vorhanden, und zwar sind dies sowohl die bereits vorgebildeten Mutterzellen derselben, als auch aus diesen hervorgegangene Schliesszellen. Zwischen den letzteren erscheint der Porus erst beim Beginn der Keimung. (Fig. 38, 39.) Die Ausbildung der Spaltöffnungen ist in einem jeden Fall von einem Flächenwachsthum der betreffenden Zellen begleitet, welches sich auch auf solche Zellen dieses Epidermisbezirkes erstreckt, die in keine nähere Beziehung zu den ersteren treten.

Dieses Auftreten der Spaltöffnungen ist, unter Rücksichtsnahme auf die biologischen Eigenthümlichkeiten der Cotyledonen unseres Objects, als ein entschieden vortheilhaftes Organisationsverhältniss zu bezeichnen, da dadurch den Beziehungen der Spaltöffnungen zum Gasaustausche vollkommen Rechnung getragen wird.

Nach obigen Thatsachen, darf den Cotyledonen eine auf Wachsthum beruhende, wenn auch nur sehr beschränkte Entwicklungsfähigkeit zugestanden werden. — Der, während der Keimung sich abwickelnde Vorgang der Entstehung von Spalt-

öffnungen wäre einfach unmöglich, wenn nicht die Reservestoffbehälter im Bereiche der besagten Einsenkungen, wenigstens solche der äussersten Schichten derselben, in irgend einer Weise in Mitleidenschaft gezogen würden. Wäre dies nicht der Fall, so müsste, da der Epidermisbezirk, welcher die Einsenkungen nach aussen abschliesst sich während der Keimung absolut vergrössert, eine mit Einfaltungen verbundene Ablösung desselben zu Stande kommen. Etwas derartiges habe ich in keinem Falle beobachtet. Ich werde durch diesen Umstand zur Annahme geführt, dass durch dieses Wachsthum auf einer concaven Fläche, die unter dem entwicklungsfähigen Bezirke der Epidermis befindlichen Reservestoffbehälter, möglicherweise sogar einen activen Druck und daher eine Volumverminderung erfahren könnten. So viel darf jedoch als sicher angenommen werden, dass durch die Ausbildung der Spaltöffnungen auf den concaven Flächen der Einsenkungen, die Volumverhältnisse der Reservestoffbehälter in einem viel geringeren Grade alterirt werden, wie im Falle, wenn an unserem Object dieselben Vorgänge, auch auf der planen oder convexen Oberfläche zu Stande kämen.

Sollte es mir gelungen sein die, auf Erhaltung des differenzirten Körnerplasmas im imbibirten Zustande hinzielenden Organisationsverhältnisse der Erbse erkannt zu haben, so wäre von dem Gesichtspunkt meiner Hypothese, das erwähnte Auftreten der Spaltöffnungen, als nothwendige Consequenz des Planes zu bezeichnen, durch dessen Realisirung im Bau des Parenchyms die Actionen zu Stande kommen, durch welche die Aufnahme des Wassers und der Gehalt desselben im Körnerplasma geregelt werden.

Erklärung der Figuren.

Vergrösserung in Parenthese. — Die meisten Figuren wurden mit der *Camera lucida* entworfen.

Fig. 1. (600). Vollzelle eines Alkoholpräparates, mit gänzlich desorganisirtem, infiltrirtem Körnerplasma. Die Membran hat sich in Folge der Wassereinwirkung von dem quellungsunfähigen Inhalt abgehoben. Im Desorganisationsproduct der kleineren Zelle sind Risse und Sprünge vorhanden.

„ 2—5. (600). Interzellulargänge mit Secretablagerungen.

„ 6. (1000). Der Verlauf der secundären Desorganisation an tingirten, vorher dialysirten Aleuronkörnern, unter Wassereinwirkung. In *d* werden die collabescirten Hüllhäutchen abgeworfen.

„ 7—16. (600). Verschiedenartige Cysten aus erschöpften Cotyledonen.

„ 17. (1000). Diese Figur hat auf die Entwicklungsverhältnisse der Cysten Bezug. — Die betreffende Cyste war in einem Alkoholpräparat aus einem Cotyledon vorhanden, dessen Erschöpfung während der Keimung noch lange nicht abgeschlossen war. Auf der Oberfläche der Cyste ist der Hautschichtsack *hs*, des nun eingekapselten Stärkekornes zu bemerken; *ps*, peripherische Hautschicht.

„ 18, 19. (600). Während der Resorption des Körnerplasmas angelegte Cysten. (Alkoholpräparat.) *hs*, Hautschichtsack.

„ 20. (600). Aus einem Cotyledon, welcher vor Abschluss der Resorption in sublimathaltigen Alkohol eingelegt wurde. Die Aleuronkörner wurden durch Auspinseln des Präparates entfernt. Man bemerkt in der Figur den Hautschichtsack *hs* des Stärkekornes, der nach Anlegung der Cyste als Überzug derselben auftritt und die peripherische Hautschicht *ps*. Die abgebildete Cyste ist einer horizontal verlaufenden Zellhautwand angelagert.

„ 21—24. (600). Unvollständig ausgebildete Cysten von schüsselförmiger Gestalt; in diesen Stärkekörner in verschiedenen Stadien der Resorption. *st*, Residuen der Stärkekörner.

„ 25. (600). In der Nähe eines infiltrirten Interzellularganges, zu beiden Seiten desselben entstandene Cysten.

„ 26. (600). Zwei, zu beiden Seiten einer Scheidewand, auf fast correspondirenden Punkten entstandene Cysten. Zwischen den Ebenen ihrer optischen Durchschnittsansichten war eine kleine

Niveauverschiedenheit vorhanden; es konnte daher bei der Einstellung auf eine derselben, nur die Ansatzstelle einer dieser Cysten gesehen werden.

Fig. 27. (600). Unvollständig ausgebildete Cysten nach der Resorption des Stärkekornes. *pl*, Wandbeleg der Zellhaut und der Oberflächen der schüsselförmigen Anlagerung; *c*, Cyste. (Alkoholpräparat.)

„ 28. *a—f*. (600). Tingirte Zellkerne der gewöhnlichen Form, in Alkoholpräparaten. In *c* und *f* sind die nicht tinktionsfähigen Grenzzonen dieser Zellkerne zu bemerken. In *a* steckt der Zellkern in einer localen Anhäufung (*) des Wandplasmas; *w*, Wandbeleg.

„ 29. (1000). Tingirtes Alkoholpräparat. Offene Cyste mit einem, in der Höhlung derselben befindlichem Zellkern.

„ 30—32. (600). Verschiedene Formen offener Cysten mit Zellkernen; *w* Wandbeleg. (*) in Fig. 30, ist eine locale Anhäufung des Plasmas.

„ 33. *a—o*. (600), *p* (800). Zellkerne aus Alkoholpräparaten: *p* tingirt. Diese Figuren illustriren die abnormen Zellkerne der erschöpften Parenchymzellen. (*) in *p*: vergl. Fig. 30.

„ 34—36. (600). Krystalloidniederschläge aus dem Zellsaft mit Alkohol behandelter erschöpfter Cotyledonen; *w*, in den Fig. 34 und 35: Wandbeleg.

„ 37. *a—d*. (600). Unter denselben Verhältnissen, im Zellsaft entstandene Sphaerokrystalloide.

„ 38. *a—e*. (400). Epidermis aus den halbeonischen Vertiefungen der Cotyledonen, im ruhenden Zustande des Samens. In *a*, *b*, *c* sind die angelegten Mutterzellen der späteren Spaltöffnungen zu sehen. Die in *c*, *d*, *e* abgebildeten Partien zeigen die bereits vor der Keimung angelegten Schliesszellen.

„ 39. *a*, *b*, *c*. (400). Derselbe Epidermisbezirk, während der Keimung. In *a*, *c* bereits fertige Spaltöffnungen.